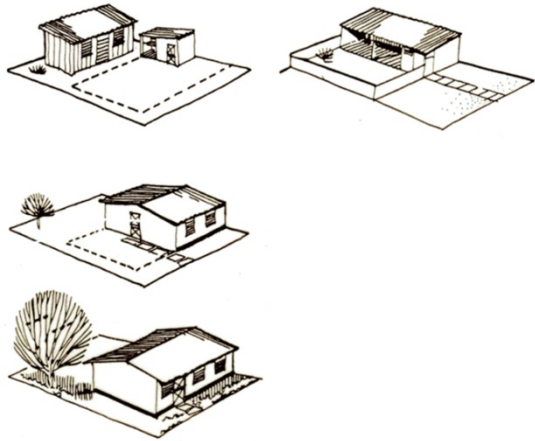


4

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ANTE LAS INGENTES NECESIDADES DE HABITABILIDAD BÁSICA



4.1

PARADIGMAS SUSTANTIVOS DE LAS ACTUALES NECESIDADES DE ALOJAMIENTO

Planteamiento cosmopolita del tema

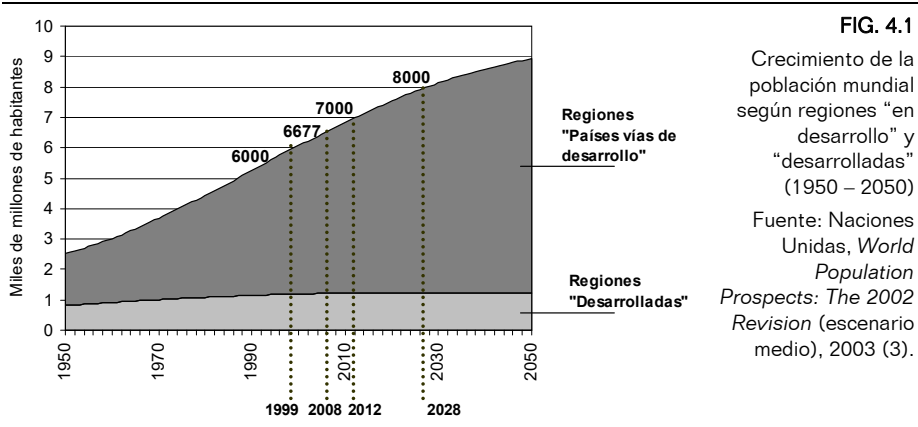
En el mapa mundial del reparto del PIB planetario, la geografía de la pobreza se superpone a la de las ingentes necesidades de cobijo y vivienda, las mayores que hayan existido nunca en la historia de la humanidad. Ambas, pobreza y precariedad de viviendas, se concentran, salvo contadas excepciones, en las regiones en vías de desarrollo: Asia, África y América Latina. La situación de estas poblaciones se torna aún más dramática cuando, partiendo de la visión estática del presente, se intenta vislumbrar el mañana. De los 7.300 millones de habitantes del planeta al inicio de 2016, el 77% (5.621 millones) habita en países en vías de desarrollo (PVD), mientras que el 23% restante (1.679 millones) lo hace en el Mundo Desarrollado (MD). El MD presenta una población sensiblemente estable, que sólo crece como consecuencia de las migraciones procedentes de algunos PVD. Todo apunta a la consolidación de la sociedad urbana del MD, demográfica y físicamente estable, mientras que los PVD se proyectan como un proceso de enorme crecimiento demográfico y de urbanización acelerada. Proceso en rápida urbanización mediante el que tratarán de asentarse tanto los incrementos vegetativos de los respectivos países como sus migraciones rurales al medio urbano.

Al convocar el Día Universal del Hábitat (2007) la Secretaría General de UN-Hábitat, Anna Tibaijuka, anunciaba:

(...) 2007 será el año en el que por primera vez, la mitad de la humanidad vivirá en ciudades. Esto marca el comienzo de una nueva era urbana. Y las previsiones indican que para 2030 esta proporción aumentará hasta los dos tercios. Las ciudades que crecerán en forma más rápida serán las del mundo en desarrollo y aún crecerán más rápidamente los tugurios.

Tal y como muestra la Figura 4.1, entre 1999 y 2012 el mundo está experimentando un crecimiento neto de población de 1.000 millones de seres, pasando de 6.000 a 7.000 millones de habitantes. O lo que sería lo mismo, un crecimiento diario de unos 200.000 nuevos habitantes (tasa neta.). Resulta estremecedor pensar que desde el paleolítico hasta el año 1811 no se alcanzaron los primeros 1.000 millones de habitantes en la Tierra, y que ahora, en tan sólo 13 años, la población aumentará en otros mil millones. ¿Qué significa un dato así desde la óptica de nuestro trabajo?, pues que durante el

siguiente lustro habrá que alojar anualmente una media de 77 millones de nuevos seres, lo que adoptando el ratio de 4,5 convivientes de media por alojamiento, supondría tener que construir anualmente unos 17 millones de nuevos alojamientos en todo el mundo, es decir, del orden de 680 millones de metros cuadrados (a razón de 40 m² por solución construida) o, lo que es equivalente, producir y utilizar más de 600 millones de metros cúbicos de materiales de construcción, unos 1.500 millones de toneladas anuales de materiales, componentes y subsistemas constructivos; y eso, sólo para atender la edificación de las nuevas necesidades generadas por el incremento vegetativo de población.



A comienzos del presente siglo XXI se estimó en 100 millones, mayoritariamente ancianos y niños, las personas urbanas que no contaban con ningún tipo de cobijo, los llamados "sin techo". Por otra parte, para atender a los nuevos hogares que se formarán, se requerirán según Naciones Unidas (UN-HABITAT, 1996) unos 22 millones de viviendas anuales en los tres primeros lustros del presente siglo y 27 millones anuales en los siguientes 15 años, si se tienen en cuenta necesidades de reposición causadas por desastres naturales y desalojos forzados. (Ver Tabla 4.1).

La Tabla 4.1 permite constatar que si bien es cierto que el mayor desafío cuantitativo se presenta en Asia, es en África donde acontece el proceso más rápido de urbanización y de crecimiento de la precariedad urbana. Coincidimos con Mac Donald (MAC DONALD, 2006) al afirmar que, de los tres continentes de la Tabla 4.1, Latinoamérica es el que presenta el panorama habitacional más manejable.

La tugurización creciente

No resulta fácil encontrar datos contrastables sobre la situación del hábitat de los más pobres, menos aún en las áreas rurales, por ello, son significativos los que aporta la Tabla 4.2, en la que destaca el dato de población urbana tugurizada que en 2001 se fijó en 924 millones de personas, lo que suponía el 31,6% de la población urbana mundial y que llegaba hasta el 78,2% en los países menos desarrollados.

TABLA 4.1
NECESIDADES ANUALES DE NUEVAS VIVIENDAS URBANAS, DE 2000 A 2030

CONTINENTES	AÑOS 2000 A 2015 (EN MILES DE VIVIENDAS)	AÑOS 2015 A 2030 (EN MILES DE VIVIENDAS)
ÁFRICA	3.941	6.169
ASIA	14.513	18.043
AMÉRICA LATINA Y CARIBE	3.081	3.113
TOTAL DE LOS TRES CONTINENTES	21.535	27.325

Nota: Estimaciones sobre la base del aumento probable de hogares urbanos. Fuente: UN-HABITAT (1996), Anexo Estadístico del Informe Anual (5).

TABLA 4.2
POBLACIÓN VIVIENDO EN TUGURIOS (Estimaciones de UN-HABITAT, 2001)

ÁREAS DE ESTUDIO	POBLACIÓN TOTAL (EN MILLONES)	POBLACIÓN URBANA (TOTAL EN MILLONES Y EN %)		POBLACIÓN EN TUGURIOS URBANOS (TOTAL EN MILLONES Y EN %)	% DE POBLACIÓN URBANA EN TUGURIOS
AÑO	2001	2001	2001	2001	2001
Mundo (total)	6.134	2.923	43,5	924	31,6
Regiones desarrolladas (MD)	1.194	902	73,7	54	5,9
Regiones en vías de desarrollo (PVD)	4.940	2.022	35,0	870	43,0
Países menos desarrollados	685	179	20,8	140	78,2
Norte de África	76			21	
Países sub-saharianos	231			166	

Fuente: Improving the lives of 100 million slum dwellers, Global Observatory, UN-HABITAT, Nairobi, 2003, (7).

Los programas de mejora y rehabilitación de tugurios ganan adeptos por su pertinencia como herramientas de lucha contra la pobreza e impulso para sentar bases de desarrollo productivo. Los llamados “Objetivos del Milenio” fijaron en su Meta 11: “Mejorar sustancialmente, antes de 2015, las condiciones de vida de por lo menos 100 millones de personas alojadas en tugurios”. Ello supondría un reto prácticamente imposible de conseguir sin la industria, pero absolutamente inabordable sin la participación real de los pobladores. La convergencia entre la participación ciudadana y el concurso de

la industria lleva a la necesidad ineludible de perfilar nuevos enfoques de futuro (MILLENNIUM PROYECT, 2006).

“Bajo coste” y “Vivienda mínima”

No es factible acotar de forma global que entender por “bajo coste” de construcción de una vivienda, entre otras razones, por la imposibilidad de llegar a consensos universales sobre lo que es o no una “vivienda mínima”. Ambos aspectos: coste y prestaciones, son variables muy cambiantes según países, tipologías, niveles económicos, tipos de promotores... lo que lleva a proponer seguidamente algunas acotaciones que no pueden ser ni absolutas ni universales, y por tanto, necesariamente cambiantes según países y circunstancias. ¿Cómo formular una respuesta aceptable en una controversia tan dispar? Se propone su relativización mediante la adopción de un patrón único de medida que permita una lógica comparativa: *el salario mínimo mensual oficial interprofesional*, que puede que sea el patrón de comparación más operativo, aunque, lógicamente, no exento de problemas.

Sin otro referente de legitimación que la práctica del autor, se adopta como “bajo coste” por metro cuadrado de superficie construida, valores situados entre dos y tres salarios mínimos mensuales. Por otra parte, en lo relativo al dimensionado de la superficie, las propuestas de “vivienda mínima” suelen oscilar entre 25 y 30 m² construidos, relativos a la primera etapa, de la unidad de vivienda *semilla*, de crecimiento posterior progresivo.

Las anteriores propuestas, aunque limitan algo posibles variaciones del “bajo coste” y de “vivienda mínima”, suponen de por sí márgenes amplios que se moverían entre 50 y 90 salarios mínimos por *solución habitacional* construida. La propuesta se abre a una traducción práctica según países y circunstancias que oscilaría, por ejemplo, entre 5.000 y 9.000 \$USA en el caso de San Salvador (El Salvador, Centroamérica) y entre 2.500 y 4.500 \$USA en Maputo (Mozambique, África).

Pese a la importancia de referir, a efectos de acotar su coste de construcción y nivel de calidad, la “vivienda mínima” al número de salarios mínimos mensuales, se sugiere también, como su patrón de medida más universal y representativo, el precio de mercado del saco de cemento —pues puede que sea la unidad de referencia más homogénea del sector construcción—, de cuyo empleo resultan algunas conclusiones sumamente impactantes.

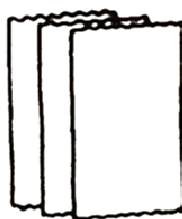
Hace algo más de tres décadas, el “Informe de Conclusiones de la Primera Consulta sobre la Industria de los Materiales de Construcción”, organizada por Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 1985), presentaba (Ver Figura 4.2) la equivalencia, en ese momento, 1985, entre el salario mínimo interprofesional por día de trabajo y el número de sacos de cemento o de placas onduladas de cubierta que se podían adquirir con el mismo. El resultado era: diez bolsas o sacos de cemento de 50 Kg. para un obrero industrial escandinavo; una para un trabajador urbano centroamericano y un décimo de bolsa para un trabajador agrícola del Este de África.

Hoy, treinta años después, puede afirmarse que las proporciones se mantienen prácticamente idénticas si se aceptan como salarios mínimos

interprofesionales los 1.200 \$USA/mes de Suecia, los 150 \$USA/mes en el sector industrial de Honduras y los escasos 60 \$USA/mes de un empleado rural de Mozambique; con precios de la tonelada de cemento que pueden oscilar aproximadamente, a su vez, entre 170 \$USA en Suecia, 120 en Tegucigalpa y hasta 250 en Chokwe —población rural de Mozambique—, respectivamente, lo que traducido a número de bolsas de 50 Kg. de cemento equivale a una capacidad adquisitiva mensual de: 141; 21 y 4,8 bolsas, respectivamente. De estas abultadas diferencias pueden deducirse, cuando menos, tres conclusiones parciales:

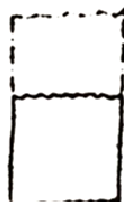
1. Que la industria cementera ha evolucionado poco en el ratio prestaciones/precios de mercado (lo que supone una excepción entre los sectores productivos industriales clásicos);
2. Que los técnicos en los PVD deberían asignar al cemento, según los contextos de su utilización, un empleo de mayor responsabilidad estructural y de diseño más ajustado que los que se le otorgan en la actualidad; especialmente en los casos de viviendas de una planta en zonas no sometidas a actividad sísmica;
3. Que no se cumple la lúcida definición de Ortega (ORTEGA J., 2000) al acotar que: “La técnica es el esfuerzo para ahorrar esfuerzo. Es un esfuerzo mucho menor con el que, a la larga evitamos un esfuerzo mucho mayor. Ese afán de ahorrar esfuerzo y, por tanto, de poder llegar a hacer real la vida buena, es lo que impulsa la técnica”.

OBRERO ESCANDINAVO



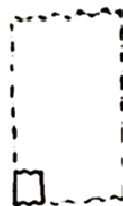
SALARIO DE UN DIA = 10 SACOS DE CEMENTO = 3 PLACAS DE CUBIERTA

CENTRO AMERICA (URBANO)



SALARIO DE UN DIA = 1 SACO DE CEMENTO = 1/2 PLACA DE CUBIERTA

ESTE DE AFRICA (RURAL)



SALARIO DE UN DIA = 1/10 DE SACO DE CEMENTO = 1/24 DE PLACA DE CUBIERTA

FIG. 4.2

Copia de la información proporcionada por ONUDI en 1985 y que en opinión del autor sigue vigente en la actualidad.

4.2

GRANDES RETOS PARA LA INDUSTRIA DE MATERIALES BÁSICOS DE CONSTRUCCIÓN

Desglose de costes de edificación: cuatro realizaciones latinoamericanas

La repercusión del coste de los materiales en el total de la vivienda es extraordinariamente variable según circunstancias y contextos. Acotar esta constatación lleva al autor a presentar seguidamente la descomposición de costes de construcción de cuatro realizaciones en otros tantos países: Colombia, Brasil, Chile y El Salvador. Cuatro realizaciones muy diferentes pero con algunas características importantes en común:

Se trata en los cuatro casos, de realizaciones: entre 100 y 200 viviendas; de 45 a 60 m² construidos por vivienda; de promoción privada; construidas entre los años 1995 y 2000; situadas⁵² en Zipaquirá (Colombia), Bello Horizonte (Brasil), Rancagua (Chile) y San Salvador (El Salvador)⁵³.

Pese a que no hay dos realizaciones idénticas, máxime tratándose de tipologías de viviendas distintas en países diferentes, en los que hasta la distribución y terminología de los capítulos del presupuesto cambian, la comparación que sigue proporciona algunas enseñanzas generales fáciles de obtener por haber tenido el autor acceso directo a las cuatro realizaciones y haberlas analizado y comentado in situ, acompañado por sus responsables técnicos, lo que permitió, a su vez, poder establecer en forma homogénea, para su cotejo, los desgloses de precios que recoge la Tabla 4. 3.

52 En el primer caso se trataba de 165 viviendas adosadas de dos plantas, de 64 m² construidos en parcelas de 84 m² realizadas por la empresa Ítaca en 1999, con un precio de construcción aproximado de 221 \$USA/m² (SALAS J., 2000). En el caso de la realización en Bello Horizonte se trató de 124 viviendas de una planta de 36 m² que resultaron a un coste de 254 \$USA/m² (GONÇALVES, 1997). La realización en Rancagua (Chile) la conforman 208 viviendas unifamiliares de 57,27 m² cada una en parcelas de 105 m² (14). La cuarta y última de las realizaciones que se comparan, ejecutada en San Salvador, la conforman 93 viviendas de 32,5 m² en parcelas de 55 m² cuyos costes indirectos comprenden el diseño del proyecto, el coste financiero de las obras y los costes de gestión y administración. El precio aproximado fue de 250 \$USA/m² (TORREALBA E., 1999).

53 En modo alguno pueden considerarse estos cuatro casos como “media” de Latinoamérica, pero si representa una muestra centrada si se tienen en cuenta los Índices de Desarrollo Humano que detentan los cuatro países en los que se ejecutaron conforme a la clasificación anual del PNUD. En el listado de 2002, sobre 173 países evaluados, los países elegidos ocupaban las siguientes posiciones: Colombia (nº 68); Brasil (nº 73); Chile (nº 38) y El Salvador (nº 104).

TABLA 4.3
DESCOMPOSICIÓN PORCENTUAL DE PRECIOS DE CUATRO REALIZACIONES DE VIVIENDAS SOCIALES EN COLOMBIA, BRASIL, CHILE Y EL SALVADOR (EN DÓLARES USA DE 1999)

CAPÍTULOS DE PRECIOS		TERRENO	URBANIZACIÓN	CONSTRUCCIÓN	COSTES INDIRECTOS: BENEFICIOS, GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN, PROYECTO	PRECIOS TOTALES
(A) ZIPAQUIRÁ (COLOMBIA)	COSTE TOTAL	1.332	1.435	6.779	4.621	14.167
	%	9,40	10,13	47,85	32,62	100,00
	COSTE M²	20,81	22,4	105,9	72,2	221,4
(B) BELO HORIZONTE (BRASIL)	COSTE TOTAL	620,0	553,4	4.699,3	947,3	8.820,0
	%	7,0	29,0	53,3	10,7	100,0
	COSTE M²	17,2	70,9	130,5	26,3	254,0
(C) RANCAGUA (CHILE)	COSTE TOTAL	989,2	1.655,9	6.726,5	1.332,3	10.711,0
	%	9,2	15,4	62,8	12,44	100,0
	COSTE M²	17,3	28,9	117,4	23,2	187,0
(D) SAN SALVADOR (EL SALVADOR)	COSTE TOTAL	675,95	1.920,0	3.311,3	2.255,2	8.136,6
	%	8,3	26,9	46,4	27,5	100,0
	COSTE M²	20,8	59,0	102,0	68,6	250,3

Fuente: los autores sobre los datos referenciados en nota al pié de página.

En la Tabla 4.3 pueden apreciarse variaciones en los costes de construcción por metro cuadrado construido que oscilan entre: 105,9; 130,5; 117,4 y 102,0 \$USA, respectivamente, y en la Figura 4.3 se recogen los valores porcentuales medios de los cuatro casos y los de las medias de la muestra; entre los que destaca el 52,59% correspondiente a la media del capítulo “construcción”, es decir, la materialización de la vivienda propiamente dicha. Para facilitar posteriores comparaciones, la Fig. 4. 3 agrupa los resultados arrojados por los cuatro casos mencionados bajo tres tipos de costes:

1. Terreno y urbanización.
2. Construcción (vivienda).
3. Costes financieros, utilidades y otros.

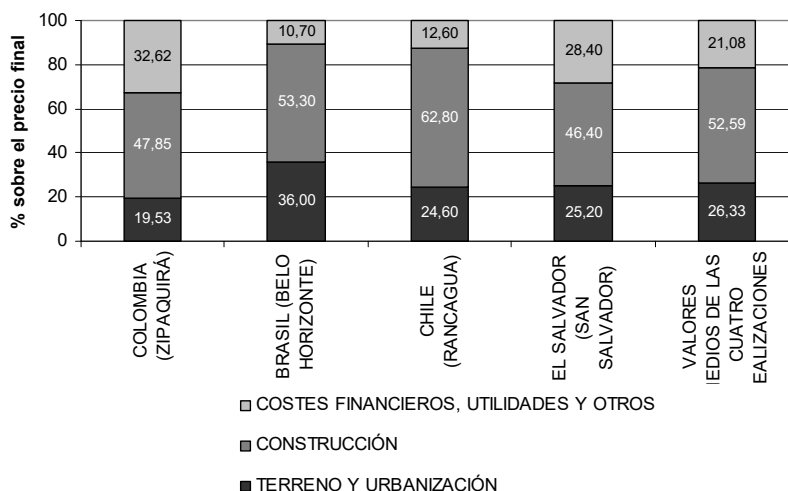


FIG. 4.3

Descomposición porcentual de precios de las cuatro realizaciones latinoamericanas.

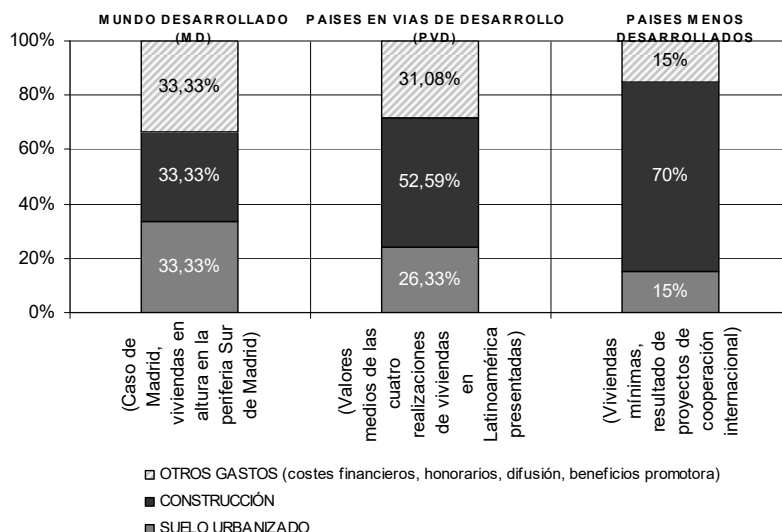


FIG. 4.4

Ejercicio de aproximación a la cuantificación de la repercusión del coste de construcción en el precio final de lo construido, en tres supuestos muy diferentes.

Conforme a los resultados de los valores medios de los cuatro casos, se ha realizado la Figura 4.4. Los valores porcentuales de la primera columna corresponderían a países del mundo desarrollado (MD) –caso concreto de las poblaciones del Sur de Madrid- que presentan también una descomposición, aproximada, de las tres partidas de coste. En el caso de la columna tercera correspondiente a los “Países menos desarrollados”, los datos adoptados no tienen más justificación que la experiencia del ICHAB y del autor en proyectos de cooperación para el desarrollo.

Los valores de la Tabla 4.4 son resultado de estimaciones propias al descomponer la repercusión de la partida “construcción” en: “materiales”, “mano de obra” y “otros”, para las que se han concluido las siguientes proporciones: 2/5, 2/5 y 1/5 para los casos del MD; 3/5, 1/5 y 1/5 para PVD; y 7,5/10, 1,5/10 y 1,5/10 para “países menos desarrollados”. Conforme con lo anterior, se deduce que la repercusión del capítulo “Materias primas, materiales elaborados, componentes y subsistemas” presenta valores extremadamente diferenciados: 13,32%, 31,55% y 64,00% en los casos escogidos.

En forma muy concisa y a modo de conclusiones prácticas puede afirmarse que:

- La repercusión porcentual del capítulo “Construcción” en el coste final de la obra es mayor cuanto menor es su presupuesto (Tabla 4.4).
- La repercusión porcentual del capítulo “Materiales” en el coste final de construcción también aumenta cuanto menor es el presupuesto total y el contexto en el que se realice, llegando a valores extremadamente dispares: 13,32%; 31,55% y 49,00% respectivamente.

TABLA 4.4
CUANTIFICACIÓN DE LA REPERCUSIÓN EN EL COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LOS MATERIALES EN LOS TRES SUPUESTOS ESTUDIADOS

DESCOMPOSICIÓN ESTIMADA DEL COSTE DE CONSTRUCCIÓN EN LOS SIGUIENTES CAPÍTULOS:	MUNDO DESARROLLADO (MD)		PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO (PVD)		PAÍSES MENOS DESARROLLADOS	
	(Caso de Madrid, viviendas en altura en la periferia Sur de Madrid)		(Valores medios de cuatro realizaciones de viviendas en Latinoamérica)		(Viviendas mínimas, resultado de proyectos de cooperación internacional)	
	Supuesto del total de construcción	Repercusión porcentual (%)	Supuesto del total de construcción	Repercusión porcentual (%)	Supuesto del total de construcción	Repercusión porcentual (%)
	33,33		52,59		70,00	
MATERIALES: TOTAL DE MATERIAS PRIMAS, MATERIALES ELABORADOS, COMPONENTES, SUBSISTEMAS... (Conjunto de las aportaciones físicas que llegan a la obra en el sentido más amplio)	2 / 5 (33,33)	13,32%	3 / 5 (52,59)	31,55%	7,0/10 (70,00)	49,00%
TOTAL MANO DE OBRA	2 / 5 (33,33)	13,32%	1 / 5 (52,59)	10,52%	1,5 / 10 (70,00)	10,50%
OTROS: transporte, pérdidas, imprevistos	1 / 5 (33,33)	6,66	1 / 5 (52,59)	10,52%	1,5 / 10 (70,00)	10,50%
TOTALES		33,33%		52,59%		70,00%

Fuente: los autores sobre las bases mencionadas en el texto. Tabla elaborada para este trabajo.

Hablar del “sector de vivienda” es una generalización extraordinariamente laxa, no obstante, parece necesario cimentar algunos conceptos o criterios que permitan establecer algún tipo de comparaciones. Con carácter netamente pedagógico, hemos elaborado la Tabla 4.5 que pretende aportar alguna luz en este tipo de temas. Se reitera, que sólo se pretende con la tabla mencionada, un acercamiento conceptual pero en modo alguno cuantitativo, ya que los valores que seguidamente se comentaran sólo cuentan con bases intuitivas, las de las experiencias del autor. Hemos “nominado” el contenido de la Tabla, como “Regla de las tres (A+B+C)”.

TABLA 4.5
TRES TIPOS DE CRITERIOS PARA “POSICIONAR”/“ABORDAR” UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

REGLAS DE LAS TRES X (A + B + C)			
I.- POR EL TIPO DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO			
	Proyectos de emergencia o en situaciones de “indigencia” (2 salarios/m²)	Proyecto “social” en países de IDH Medio/bajo (4 salarios/m²)	Proyecto “de mercado” en países de IDH alto/medio (6 salarios/m²)
A: Ahorro previo	0,0%	20%	20%
B: Bonificación / ayuda no reintegrable	80%	30%	0,0%
C: Crédito	20%	50%	80%
FINANCIACIÓN = A + B + C			
II.- POR EL TIPO DE COSTE O PRECIO DEL TERRENO			
A: Suelo/tierra (sin urbanizar o urbanizado)	10%	20%	33,3%
B: Coste de construcción	80%	50%	33,3%
C: Varios y beneficios	10%	30%	33,3%
COSTE O PRECIO DEL TERRENO = A + B + C			
III.- POR EL COSTE DE “CONSTRUCCIÓN”			
A: Coste de mano de obra (toda)	10%	20%	40%
B: Materiales, componentes, acabados...	80%	60%	30%
C: Varios (transporte) y beneficios	10%	20%	30%
COSTE DE COSTRUCCIÓN = A + B + C			
MÚLTIPLES COMBINACIONES DE (I / II / III) ► INFINITOS CASOS			

La primera generalización, necesariamente muy laxa, la estableceremos según que el proyecto se realice:

- En una situación de pobreza extrema, “indigencia”, o en casos de emergencias o post-siniestros. (Supongamos unos costes de la realización equivalentes a 2 salarios mínimos por m² construido);
- Proyectos en países en desarrollo, supongamos que con IDH “medio/bajo” (Ver Tabla 1.8), con un cierto apoyo como “proyecto social”. (Supongamos unos costes de la realización equivalentes a 4 salarios mínimos por m² construido);
- Proyecto en países de desarrollo “alto”, actuando en un “mercado libre” de construcción. (Supongamos unos costes de la realización equivalentes a 6 salarios mínimos por m² construido);

Sentados los supuestos anteriores, nos pareció de interés pedagógico, establecer las tres subdivisiones que siguen (1, 2 y 3), y cada una de ellas divididas a su vez, en tres aspectos fundamentales (A, B y C):

1. Tipo de **financiación** de los proyectos;
 - A. Ahorro previo (valor porcentual %).
 - B. Bonificación y/o ayuda no reintegrable (%).
 - C. Crédito (%)
2. Tipo o coste del **terreno** en que se realiza el proyecto;
 - A. Suelo o terreno sin urbanizar o urbanizado (%).
 - B. Coste unitario de la construcción ejecutada (%).
 - C. Varios (Honorarios profesionales y otros, beneficio empresarial... (%)
3. Coste de **construcción** (sitio con servicios; vivienda “semilla”; escuela,...)
 - A. Coste del total de mano de obra (%).
 - B. Materias primas, materiales, componentes, acabados... (%).
 - C. Varios (Transporte, proyecto, beneficio empresarial...) (%).

De acuerdo con la anterior división, el conjunto de las tres subdivisiones de cada uno de los tres grandes conceptos: financiación, terreno y construcción... permiten vislumbrar una amplísima cantidad de realidades, muy diferentes e incluso divergentes dentro de una gama prácticamente infinita de resultados.

Los valores porcentuales que hemos apuntado en cada una de las 27 posibilidades, (tres x tres x tres = 27), tienen una fundamentación puramente intuitiva, basada en la experiencia personal del autor. Es por ello, que tratar de obtener conclusiones muy específicas, puede ser una tarea poco fructífera y nada aconsejable. Lo que si resulta obvio y pertinente, es disponer de criterios generales deducibles de la Tabla: importancia de la financiación, de la mano de obra, de los materiales, del suelo... En ocasiones, algunas conclusiones pueden ser sorprendentes aún siendo totalmente ciertas. Nos permitimos una anécdota, a modo de ejemplo totalmente fehaciente: podemos afirmar que en

Madrid, en la década pasada, la repercusión global de la “construcción” de las viviendas sociales en los barrios de la periferia, no sobrepasaba estadísticamente el 25% del precio final de venta.

Producción “formal” y consumo “informal”

En general, la lógica de los costes de construcción en los países en desarrollo (PVD) no es reflejo de lo que ocurre en los países industrializados (MD), incluso al interior de los primeros, las diferencias entre la repercusión de los materiales en los sectores “formal” e “informal” llegan a ser extraordinarias. Los materiales importados no distinguen en los costes de producción aunque sí en sus precios si se destinan o no al MD o al los PVD, todo lo contrario. H. Houben (HOUBEN H., 1998) cita trabajos del Banco Mundial en los que se constata que en la mayoría de los países africanos el precio del cemento para los constructores es dos y tres veces superior al pagado por el Estado, y que en el mercado “informal” de cualquier país concreto, el precio llega a ser cuatro veces mayor.

Las singularidades de un mercado tan extenso como el de los materiales de construcción son extraordinariamente amplias, como puede constatare en la Tabla 4. 6, que se toma del trabajo de la CEPAL: “Los materiales de construcción, base industrial de la producción de viviendas” (CORTINEZ J. M., 1996). Poco tienen en común la tecnología empleada, la estructura societaria, la forma de distribución del producto, la conformación de sus precios, etc., si se comparan las industrias del aluminio para marcos de ventanas –por ejemplo– con la de los bloques de hormigón.

Dada la acentuada heterogeneidad del mercado y de la estructura productiva de los “países en desarrollo”, las estrategias nacionales deberían tener más presente la actividad informal autoprodutora de alojamientos, así como el segmento artesanal de producción de materiales y componentes de construcción. Coincidimos con el trabajo de CEPAL aludido cuando al referirse al sector productivo de los materiales de construcción, afirma que:

(...) adquieren importancia los ajustes normativos, la investigación tecnológica y la asistencia técnica encaminados a mejorar la elaboración y aplicación de materiales y técnicas regionales o locales.

Hoy es perfectamente factible transferir el progreso técnico hacia este sector, con miras a obtener menores costes, mayor calidad y generar empleo calificado y mejor remunerado, mediante procesos de formalización de actividades que muestren tener potencial para un mayor desarrollo.

El consumo de cemento en el sector “informal”

En América Latina, se intuía desde hace décadas, pero se ha cuantificado recientemente, que el consumidor mayoritario de materiales básicos de edificación es el llamado *sector informal*, lo que también es patente en gran parte de los PVD. Valgan como muestra los datos que aporta la Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP (CAMPOS P., 1989), asegurando que en

las tres últimas décadas hasta la fecha, el consumo de cemento en Brasil es siempre superior en el sector *informal* que en el *formal* y atribuye los incrementos sostenidos de ventas desde 1995, al aumento del consumidor *formiga*⁵⁴ que consume más del 60% del cemento producido (Ver Figura 4. 5).

TABLA 4.6
RASGOS PREDOMINANTES DE LA PRODUCCIÓN DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA LATINA

TIPO DE MATERIALES Y PRODUCTOS	ESTRUCTURA SECTORIAL	CARACTERÍSTICAS GENERALES
<ul style="list-style-type: none">AluminioAceroVidrioCemento	Monopolio u oligopolio concentrado	<ul style="list-style-type: none">Grandes plantas de una o pocas empresas, con alta relación capital / producto. Producción homogénea.Largo período de maduración de las inversiones.Fuertes barreras técnicas y económicas para la entrada de nuevas empresas.Baja sensibilidad de los precios a las variaciones de la demanda. Se responde con cambios en el grado de utilización de la capacidad productiva.
<ul style="list-style-type: none">FibrocementoTubos plásticosTableros y planchas de madera	Oligopolio relativo	<ul style="list-style-type: none">Características similares al caso anterior, menos acentuadas.Cierto grado de diferenciación de calidad de los productos.Liderazgo de empresas grandes, con poder para establecer el nivel de precios.
<ul style="list-style-type: none">CerámicaPinturasElementos de hormigón	Mercado competitivo con tendencia al oligopolio	<ul style="list-style-type: none">Plantas de tamaño mediano con relación capital / producto más reducida.Diferencias en calidad de los productos.Menores barreras de entrada, más dependientes de los canales de comercialización existentes.
<ul style="list-style-type: none">Madera aserradaBloques de hormigón	Mercado competitivo	<ul style="list-style-type: none">Predominio de empresas pequeñas y medianas.Inexistencia de barreras de entrada. Tecnología difundida.Importantes diferencias de calidad de los productos.Las fluctuaciones de la demanda producen efectos diversos (cambios en los precios, tasas de ganancias, número de empresas).

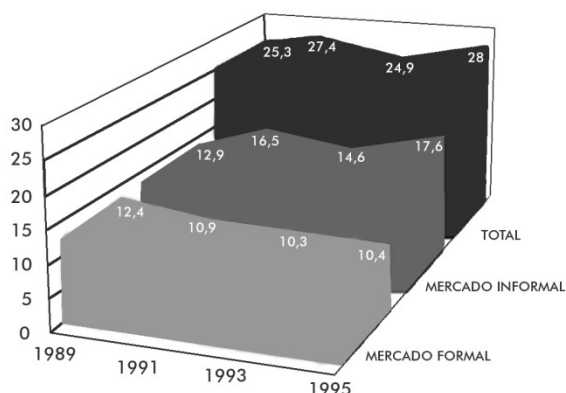
Fuente: José Manuel Cortínez (22).

54 La expresión “consumo hormiga o sector hormiga” adoptada recientemente por los productores de varios países latinoamericanos, es sin duda una traducción literal del muy arraigado “sector formiga” en Brasil, que la ABCP ha contribuido a difundir con trabajos específicos de carácter cuantitativo que han colocado al sector en un plano superior de debate e interés.

FIG. 4. 5

Ventas anuales en millones de toneladas de cemento: mercados formal, informal y total entre los años 1989 y 1995.

Fuente: ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland



Cemex (GASTELUM G., 2007) informaba en México, 2007, que:

(...) ratifica su compromiso con la autoconstrucción ofreciendo al consumidor final productos elaborados con la más alta tecnología y calidad, lanzando al mercado su nuevo producto “Cemento Tolteca” en bolsas de 25 kilogramos. Ello hay que enmarcarlo en el reconocimiento del crecimiento del *consumo hormiga* de cemento que actualmente supera el 45% del mercado cementero del país.

Pese al crecimiento del mercado mexicano del cemento, los responsables del sector lo consideraban como un mercado “inmaduro” al estimar el consumo per cápita en algo más de 200 kilos por habitante/año y comprobar que el 70% del total de la producción mejicana de cemento se comercializa embolsado, lo que para Cemex:

demuestra que la autoconstrucción es muy fuerte y nos aleja de las características del mercado de los EEUU, en el que cerca del 90% del cemento se vende a granel.

Por otra parte, en el mercado de la autoconstrucción, en el que generalmente se compra en pequeñas cantidades y se abona en el acto, en opinión del presidente de la Comisión Federal de la Competencia de México:

(...) el precio del cemento es entre un 20% y 25% superior al precio medio y mucho mayor que el precio para los grandes consumidores que pueden pactarse como compras a futuro para períodos de más de 12 meses.

El servicio de distribución al menudeo hace que las 33 plantas mexicanas de producción tengan del orden de 30.000 puntos de venta en el país, por lo que la repercusión del transporte desde la industria hasta el centro de distribución represente entre el 20% y 30% del precio de venta del saco.

El consumo de materias primas para la producción de cemento supone en peso, aproximadamente un 30% más que el del cemento producido, por lo que en España, para una producción de 38,15 MTn en el año 2000 se utilizaron del orden de 50 MTn de materias primas, mayoritariamente minerales. Dado que

la producción mundial de cemento en 2005 alcanzó los 2.220 MTn puede extrapolarse a unos 2.900 MTn la cantidad de materias primas empleadas en este sector industrial. Según datos del *USGS (USGE, 2002)* recogidos en la Tabla 4.7, puede deducirse que los PVD, son los grandes productores y consumidores de cemento del mundo, con más del 75% de la producción mundial. Conforme a los datos anteriores, puede deducirse que China, India junto con los países latinoamericanos producen y consumen más de la mitad del cemento mundial.

TABLA 4.7
PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN MILLONES DE TONELADAS SEGÚN REGIONES

	2000	2001	2002 (estimado)
ESPAÑA	38,150	40,512	42,451
SUBTOTAL UNIÓN EUROPEA	193,106	192,396	194,461
SUBOTAL IBEROAMÉRICA	118,807	116,347	115,212
CHINA	597,000	661,040	704,720
INDIA	95,000	100,000	100,000
ESTADOS UNIDOS	89,510	90,450	91,266
TOTAL (APROXIMADO)	1 650,000	1 730,000	1 800,000

Fuente: Mineral Yearbook 2002, USGS (20).

TABLA 4.8
PRODUCCIÓN DE CEMENTO SEGÚN REGIONES

REGIÓN (Año 2002)	% DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CEMENTO (A)	% DE LA POBLACIÓN MUNDIAL (6.055 M) (B)	RATIO: (A) / (B) PRODUCCIÓN / POBLACIÓN
EUROPA (ORIENTAL Y OCCIDENTAL)	19,0%	Europa Central y Oriental 406	
	25,62%	EEUU 292,6	1,307
AMÉRICA DEL NORTE	6,62%	Canadá 31,6	
OCEANIA	0,0046%	Oceanía 30,4	1,150
ASIA	63,0%	Asia Meridional 1.503	1,035
		Asia Oriental 1.310	
LATINOAMÉRICA	6,38%	Latinoamérica 540	0,737
AFRICA	5,0%	África 784	0,388

Fuente: los autores sobre las bases mencionadas en el texto. Tabla elaborada para este trabajo.

De la producción mundial de cemento hidráulico en el año 2005 (2.220 MTn), fueron China, con 1.000 MTn, India con 130 millones y Estados Unidos con 99.1 MTn los mayores productores de cemento del mundo (USGS, 2007). Cosa bien distinta, son los resultados del consumo de cemento per cápita, ya que según el “Informe del Consumo de Cemento” (nº 13, abril de 2006) alcanzó en dicho año: 1.200 Kg. en España, 803 en Italia, 316 en Alemania, 378 en México y 274 en Chile, por citar unos pocos casos a modo de ejemplos.

Ateniéndose a los datos del Banco Mundial (BANCO MUNDIAL, 2002) sobre el reparto porcentual del total de 6.055 millones habitantes en el 2002: Asia suponía el 60,85%; África el 12,90%; América Latina el 8,60% y los Países Desarrollados el 19,6% y haciendo uso de los valores de producción mundial de cemento facilitados por Oficemen para el mismo año, se ha elaborado la Tabla 4. 8, en la que se constata que el ratio producción de cemento/población, refleja con nitidez los niveles de desarrollo y dinamismo económico de las diferentes áreas geográficas a nivel macroeconómico de las seis regiones contempladas en la tabla mencionada.

Con criterios similares a la anterior, se ha elaborado la Tabla 4.9, en la que se desglosan los valores de la mayoría de países latinoamericanos, incluyendo dos columnas con datos de marcado interés: PIB per cápita en dólares USA (año 2002) e índices de Desarrollo Humano (IDH) elaborados por el PNUD para el mismo año.

La información directamente deducible de los resultados recogidos en la Tabla 4.9 puede resultar de interés. Baste señalar, que al tratarse de datos del año 2002, resulta inmediato deducir que los bajos ratios de consumo medio por habitante de Argentina (103 kilos/habitante) y Perú (147 kilos/habitante) muy por debajo de los 219 kilos de la media latinoamericana, son imputables a la difícil situación social y política por la que atravesaron ambos países en dicho año. Por otra parte, y en sentido opuesto, los 297 y 271 Kg de México y Venezuela, fueron consecuencia de las alzas de los precios del petróleo en ambos países productores. Bajo resulta el ratio del total de Latinoamérica con 219 Kg, lo que también se constata en la Tabla 4.8 en la que aparece Latinoamérica (0,737) en una posición casi equidistante de Asia (1,035) y de África (0,388).

De los 209 países que conforman el mundo, 113 producen cemento con una capacidad de producción instalada del orden de 2.740 millones de toneladas, de lo que puede deducirse que casi un centenar de países no cuentan con plantas productoras de cemento y que la gran mayoría de ellos o son estados pequeños o que se encuentran entre los que detentan los Índices de Desarrollo Humano (IDH) más bajos en la lista del PNUD.

TABLA 4.9
PRODUCCIÓN DE CEMENTO Y OTROS RATIOS EN PAÍSES LATINOAMERICANOS

PAÍSES LATINOAMERICANO Y ESPAÑA (REFERENCIA)	PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN MILES DE TONELADAS (AÑO 2002) (A)	NUMERO DE HABITANTES EN MILLONES (B)	CONSUMO MEDIO POR HABITANTE Y AÑO C = (A) / (B)	P.I.B. EN DÓLARES USA PER CÁPITA (AÑO 2002)	ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (2002) (*)
BRASIL	39,500	181,4	218	7.790	73
MÉXICO	31,069	104,7	297	9.168	54
COLOMBIA	9,800	44,2	222	6.702	68
VENEZUELA	7,000	25,8	271	4.919	69
ARGENTINA	3,910	38,0	103	12.106	34
PERÚ	4,000	27,2	147	5.260	82
CHILE	3,600	16,0	225	10.274	38
ECUADOR	2,860	12,9	222	3.641	93
EL SALVADOR	1,318	6,6	200	4.781	104
R. DOMINICANA	3,071	8,6	357	6.823	94
OTROS (**)	9,084	60,8	149		
TOTAL LATINOAMÉRICA	115,212		219		
ESPAÑA	42,451	42,1	1.008	22.381	21

Fuente: los autores sobre las bases mencionadas en el texto. Tabla elaborada para este trabajo con las acotaciones que siguen:

(*) El índice de Desarrollo Humano, IDH, aceptado universalmente, lo elabora anualmente el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), sobre la base de los progresos de los países (173 evaluados) en términos de "esperanza de vida", "logros educacionales" e "ingreso real ajustado".

(*) Incluye a Cuba, Guatemala, Costa Rica, Honduras, Bolivia, Panamá, Paraguay, Uruguay y Nicaragua.

A modo de conclusiones sobre los retos del sector

En el caso concreto de Latinoamérica, resulta importante señalar que en varios subsectores de la producción de materiales de construcción (Ver Tabla 4.6.) la participación desmedida de las importaciones repercute negativamente en la propia estructura de costes. Hasta bien reciente (este hecho ha cambiado sensiblemente con el nuevo siglo) se procedía con demasiada ligereza a la importación de materiales y componentes básicos, que fácilmente hubieran podido ser reemplazados por productos nacionales y por materiales alternativos. Este hecho refleja la debilidad del parque industrial regional para cubrir adecuadamente los grandes incrementos de la demanda, como ya advertía la Comisión para América Latina (CEPAL, 1996). En base únicamente a la experiencia del autor, por carecer de datos universalmente aceptados y contrastables, puede afirmarse, sin embargo, que en este aspecto específico la

situación de África es muy distinta y las carencias del sector productivo de materiales básicos de construcción son ciertamente críticas y, por tanto, difícilmente comparables con las del caso latinoamericano (GANESAN S., 1994).

El equipo de técnicos del trabajo de CEPAL citado más arriba, se mostraba partidario de que los gobiernos fomentasen y apoyasen el suministro de materiales básicos de construcción de producción local, asequibles y duraderos; opinión que también comparte el autor y que pasa a explicitar en las siguientes propuestas concretas, las que han de entenderse en el contexto de un marco global:

- Alentar y apoyar el establecimiento y la expansión de pequeñas industrias locales dedicadas a la producción de materiales de construcción, así como la expansión de su comercialización recurriendo a incentivos legales y fiscales, concesión de créditos, proyectos de investigación aplicada y campañas de información.
- Adoptar políticas que favorezcan la competencia en el mercado de materiales de construcción con mayor participación de entidades locales.
- Fomentar el intercambio de información sobre tecnologías apropiadas y apropiables de construcción: sustentables, racionales, asequibles, accesibles y fáciles de transferir.
- Prestar la debida atención a las necesidades en materia de seguridad ante posibles catástrofes debidas a fenómenos naturales, sin que ello suponga la prohibición indiscriminada de utilización de materiales autóctonos de construcción de bajo coste en viviendas.
- Crear mecanismos para la producción y distribución comercial de materiales de construcción básicos destinados a programas de autoconstrucción asistida.

Para estimular y mejorar el desarrollo del sector “informal” de materiales de construcción, ONUDI (ONUDI, 1985) proponía, entre otras, las recomendaciones que siguen y que en nuestra opinión siguen vigentes, lo que es una señal inequívoca de la vigencia de lo “tradicional” en el sector y que en su momento el autor comentó en la revista de “Materiales de Construcción” (SALAS J., 1985):

- Reconocer la importancia de la producción de elementos y materiales de construcción del sector “informal” y prestar pleno apoyo a los proyectos encaminados al desarrollo de este sector.
- Facilitar, en proyectos de construcción estatales, el empleo de materiales de **construcción producidos por el sector no estructurado**;
- Alentar la aceptación, y en su caso, la elaboración de normas y especificaciones que permitan el empleo de materiales y elementos producidos por el sector “informal” y englobar sistemáticamente estos materiales y elementos en las reglamentaciones de construcción mediante el concepto de niveles de exigencia;

- Reforzar los vínculos entre las actividades de investigación competitiva de ámbito nacional o internacional con necesidades específicas del sector no estructurado.
- Ayudar a difundir y formular normas y especificaciones para materiales locales.

Pese a los muchos años transcurridos, el autor estima vigentes las recomendaciones de ONUDI, y considera plausible concitar el debate y la reflexión entre investigadores y técnicos del sector sobre los grandes retos que ha de afrontar la industria de materiales básicos de edificación ante las ingentes necesidades actuales.



FIG. 4.6

Transporte manual, por los propios autoconstructores, de planchas de zinc para cubierta desde un mercado dominical de Assango (Angola) a una comunidad aislada (Foto J. Salas).



FIG. 4.7

Transporte manual en los transbordadores desde Luanda (Angola) a la pequeña isla de Inhaca de planchas de zinc recién adquiridas para "autoconsumo" (Foto J. Salas).



FIG. 4.8

Transporte manual de chapa de techo de zinc por una pobladora del barrio de ranchos "El Carpintero" en Caracas, Venezuela.

TABLA 4.10
SÍNTESIS DE PROPUESTAS DE CAMBIOS Y SUS IMPACTOS POTENCIALES EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN LATINOAMERICANO

OBJETIVOS	MEDIOS	IMPACTO ESPERADO
OFERTA DE MEJORAMIENTO	Créditos para compra de materiales. Fomento de las pequeñas y medianas empresas. Tecnología especializada.	(-) coste unitario. (-) demanda del suelo. (+) vida útil del parque habitacional.
ESTABILIZAR LA CONSTRUCCIÓN	Estructuración de sistemas de financiamiento (ahorro institucional, mercado de crédito y subsidio de la demanda). Adaptación del marco legal para integrar al sector financiero.	(+) escala de operaciones y captación de recursos privados. (+) estabilidad y mejor cobertura socioeconómica. (+) interrelación con el crecimiento económico.
FOMENTAR LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR INFORMAL	Regularización de la vivienda informal. Programas de tecnología y crédito. Asistencia técnica. Fondos de inversión productiva.	(+) volumen de obra y empleo local. (+) redistribución del ingreso. (+) diversidad de oferta e industria. (+) cobertura territorial.
AUMENTAR EL ATRACTIVO ECONÓMICO DEL SECTOR	Modernización institucional de la administración y de los permisos de obra.	(-) costes de gestión. (+) rapidez de ejecución. (+) interés del sector privado.
OFERTAR VIVIENDAS A LOS SECTORES MEDIO-BAJOS	Desgravación de la construcción de viviendas de bajo coste. Progresividad del sistema de subsidios.	(+) diversificación. (+) volumen de obras.
ELEVAR LA CALIDAD	Priorizar el rol del diseño en la ejecución de proyectos. Desarrollar sistemas de fiscalización, de inspección técnica y de aseguramiento de calidad.	(+) satisfacción del usuario. (+) transparencia del mercado. (-) costes de mantenimiento.
DESARROLLO DE LA BASE INDUSTRIAL	Políticas de fomento de la producción de materiales, equipos y herramientas. Internalizar criterios productivos en los diseños y especificaciones de obras promovidas por el estado.	(-) dependencia externa. (+) abastecimiento del mercado. (+) productividad. (+) posibilidad de exportación.
COORDINAR LA POLÍTICA DE VIVIENDA CON EL DESARROLLO URBANO REGIONAL	Modernización del sistema municipal. Planes de suelo urbano y densificación. Fomento de la participación social. Subsidios y exacciones diferenciadas. Focalización territorial. Internalización de los criterios medioambientales.	(+) equilibrio entre distribución y población. (+) interacción entre vivienda y desarrollo regional. (-) concentración urbana. (+) democracia en el funcionamiento de la ciudad. (-) extensión territorial y externalidades. (-) segregación socioespacial.

Fuente: Elaborado por CEPAL, sobre la base de la investigación mencionada (2).

Durante la segunda mitad del pasado siglo, y aún hoy, los procesos de industrialización y las crecientes posibilidades de comercio y de transporte internacional han permitido que algunos componentes, y en especial las placas de fibrocemento y las de zinc, se generalizasen de forma masiva en todas las latitudes (Ver Figuras 4.6, 4.7 y 4.8). Estos componentes de origen nítidamente industrial, fáciles de transportar, manejar, colocar y sustituir -lo cual no es poco- tienen, además, una alta apreciación social entre los sin recursos, como símbolo de acceso a nuevas formas de cobijo y se aprecian en el sector rural como no pueden imaginar muchos utópicos del desarrollo. En el contexto de la vivienda rural aislada, la teja y las placas de fibrocemento o de zinc, siguen siendo una excelente solución de techos elementales, especialmente para los que la siguen viendo como soluciones inalcanzables para sus presupuestos.

La Tabla 4.10, que tomamos del trabajo de CEPAL, ilustra sobre las tendencias, desafíos y áreas de innovación que engloba al sistema habitacional de América Latina y el Caribe en el que la influencia de los materiales juega un papel muy destacado.

Algunas tendencias concretas en la utilización de materiales de construcción

La tradicional utilización de la piedra volcánica abundante en los territorios de El Salvador y Guatemala, ha sido estudiada y puesta apunto como tecnología constructiva por institutos universitarios que aprovechan sus propiedades aglomerantes, particularmente por el Departamento de Materiales de Construcción de la Universidad de San Carlos en Guatemala bajo la dirección del Ingeniero Quiñones.

La argamasa armada o ferrocemento, a la que dedicaremos un Apartado más adelante, ha sido brillantemente aplicada en Brasil, entre otros por el arquitecto Joao Figueiras Lima y por el importante equipo de trabajo de la Universidad de Sao Carlos con el liderazgo de J. Bento de Hanai. La realización de equipamiento urbano, escuelas, infraestructura y viviendas contaron con el aporte del CEDEC y otras instituciones y técnicos.

La utilización de morteros proyectados sobre mallas metálicas electrosoldadas a las que se incorpora una capa aislante resultan de relativamente frecuente en varios países de América Latina, en algunos casos bajo licencia de empresas de EEUU (caso de México), italianas (en varios países de Centroamérica) o nacionales. Pueden reseñarse los casos de Estrisa en Costa Rica, el CF2 y MO-MT del CEVE en Argentina, en Brasil, Colombia, etc.

Las variantes del hormigón sin armar incluyen la utilización de agregados especiales. De restos de la industria forestal por Servivienda de Colombia; de poliestireno expandido en Simplex de Chile, de áridos sin finos en Consur de Uruguay; de piedra pómez en la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilización de aserrín o de relaves de las minas de cobre en Chile.

Las combinaciones de materiales presentan variadas soluciones innovadoras en cerámica armada, -en este campo la maestría del ingeniero uruguayo Dieste sobresale de forma singular (Ver Apartado 5.3). Los paneles de hormigón confinados mediante marcos de acero son el soporte de las técnicas

Concacero y Sancocho, tecnologías puestas a punto y producidas industrialmente por la empresa venezolana OTIP S.A. que lidera el ingeniero Peña (Ver Capítulo 6).

Un claro ejemplo de transferencia horizontal es la efectuada por la técnica constructiva Noboa, consistente en la prefabricación en hormigón armado y montaje manual de placas de poco espesor, superpuestas y encastradas entre pilares de sección en H. W. Kruk técnica, iniciada en Cuba antes de 1960 y que evolucionó hacia el sistema Sandino y posteriormente Sandino 90, fue utilizada de forma masiva, más 1.500.000 metros cuadrados construidos. Hacia 1960 el PREFAPC, con características muy similares, se explotó comercialmente en Costa Rica (más de un millón de metros cuadrados), transfiriéndose luego a República Dominicana en 1987 (60.000 metros cuadrados) y a otros países del área. Desde 1970 el MC PREFAB (500.000 metros cuadrados), entre otras técnicas con bases comunes, se aplica en Brasil.

Un caso distinto es el de los paneles premoldeados de hormigón armado livianos que abarcan la altura de la vivienda, reforzados con nervaduras en los bordes verticales. Se dan soluciones similares desde 1970 en Horpresa de Uruguay y en Ferrocemento de Cuba, y también en Costa Rica. En este caso es probable que, por caminos independientes, se hayan desarrollado soluciones con muchos elementos comunes para exigencias semejantes, con la consecuente reiteración de experiencias y costes.

Una compleja sucesión de transferencias con varios perfeccionamientos y desarrollos de nuevas y más amplias aplicaciones en los diversos sectores de la construcción se originaron en las losetas de ladrillo armado. Estas losetas que se preparan a pie de obra con el trabajo de los autoconstructores, eliminan el encofrado de madera y permiten un montaje manual. Las cooperativas de vivienda del Uruguay las siguen aplicando, incluso, para cubrir locales comunales con losas plegadas de hasta 14 metros de luz. En México, Carlos González Lobo (GONZALEZ C., 2006) las moldea sobre superficies curvas para constituirse en dovelas de bóvedas para entresijos (ver Apartado 5.3). El CEVE, en Argentina, las utiliza de forma muy diversa con las que llega a “cerrar” un sistema constructivo completo Ver Capítulo 6: BENO) El ingeniero Novo, en Uruguay, las complementó con una liviana estructura de hormigón y las aplicó en muros y cubiertas. El arquitecto García Pardo, también en Uruguay, las apareó con un alma de mortero, eliminando las vigas de cimentación y encadenado. La Universidad de Campinas, en Brasil, diseñó un repertorio completo de componentes preformados en cerámica armada que permite montar el edificio entero en forma manual.

En la Facultad de Ingeniería de Sao Carlos, Brasil, el Departamento de “Argamasa Armada”, puede que sea el centro investigación-acción de referencia en el conocimiento y aplicación de esta tecnología constructiva y fue el apoyo tecnológico de para las brillantes realizaciones de todo tipo del maestro Joao Figuera Lima “Lelé”, al que nos referiremos más adelante en forma monográfica.

En este contexto, resulta ejemplarizante la “canaleta” o placa “gran-onda” ya aludida anteriormente, ya que mediante el diseño de su sección transversal se

consiguió triplicar su inercia respecto de la placa “onda normal”, y por ende, aumentar considerablemente su capacidad resistente a flexión. La canaleta, que vuela entre apoyos sin problemas seis metros, con un canto de tan sólo 30 cm. se desarrolló pensando en la vivienda de los “sin recursos”, tratando de conseguir un elemento universal de manejo manual, que consiguiese de forma simultánea cubrir luces amplias con elementos de mercado de manejo manual.

Aún saliéndonos del campo específico de la construcción, pero con no pocas relaciones conceptuales con algunos de los temas que aquí tratamos, siempre me ha causado una reflexión personal, el ver y usar en muy diferentes países y ambientes, las sillas blancas de plástico apilables. (Ver Figuras 4.11 y 4.12). Es por ello, que de una extensa colección gráfica muestro dos casos concretos en Huachipa, Perú y en Chilembene, Mozambique. Tengo un gran aprecio por este “**producto industrial**” al que le agregaría sin rubor los siguientes calificativos: cosmopolita; económico; durable, ligero, apilable, transportable manualmente, multiusos... y con cierto rubor, hasta bello.

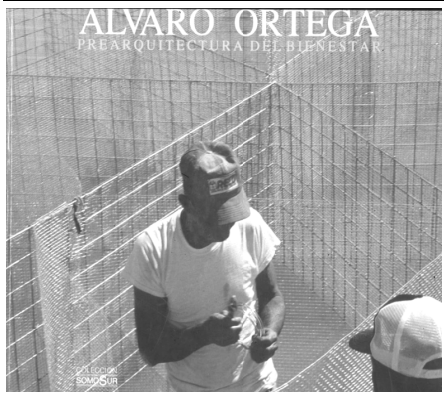


FIG. 4.9

Portada del libro del colombiano Álvaro Ortega “Prearquitecturas del Bienestar” auténtico pionero de algunos de los temas de los que nos ocupamos en este trabajo.

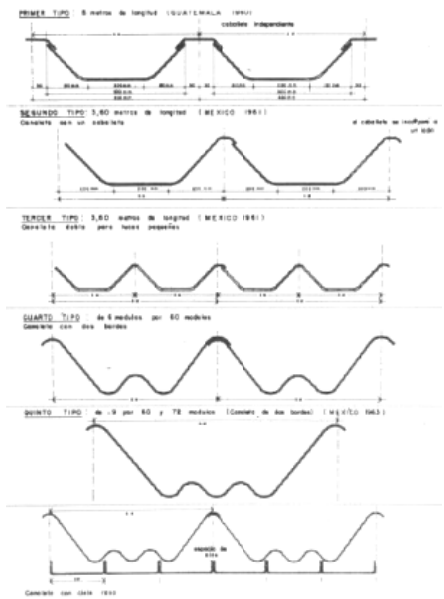


FIG. 4.10

Esquemas de diferentes secciones transversales de placas de cubiertas diseñadas por Álvaro Ortega, que “descubrió” que incrementando el canto de la sección transversal de las placas tradicionales de fibrocemento de la época, le permitía cubrir mayores luces, al aumentar la inercia de la sección resistente. La obsesión de Ortega durante la realización de su tesis doctoral fue la búsqueda para poder eliminar la estructura portante de las viviendas de luces pequeñas, por ser el elemento más caro.

FIG. 4.11

La sillas de plástico apilables que muestran las imágenes, son en opinión del autor uno de los elementos producidos industrialmente a escala universal, extendidas por los cinco continentes, que responde al mayor número de prestaciones: bajo precio, bajo peso, apilables, resistencia en el uso, durabilidad ante cualquier tipo de clima, fácil mantenimiento... en las imágenes dos momentos de su uso en Huachipa (Perú) y en Chilembene (Mozambique).



FIG. 4.12



FIG. 4.13

Máquina HYDRAFORMD para la producción simultánea de cuatro bloques de tierra compactada, producida en Sudáfrica bajo patente y utilizada en Angola en un proyecto de cooperación para el desarrollo de viviendas rurales.



FIG. 4.14

Aspectos de la construcción de viviendas rurales aisladas en Funda (Angola). En primer lugar, una vivienda tradicional con tierra producida en forma ancestral y con todos los problemas propios de estas soluciones: falta de durabilidad, propiciatoria del cobijo de insectos, escasa resistencia al agua...





FIG. 4.15

Aspectos de la construcción de viviendas rurales aisladas en Funda (Angola). Con idéntica tierra y para el mismo tipo de uso, familias rurales aisladas, mediante la utilización de una máquina Hydroform de origen sudafricano (Fig. 4.13), se realizaron 32 viviendas rurales con bloques de tierra compactada (BTC). (Fotos J. Salas).

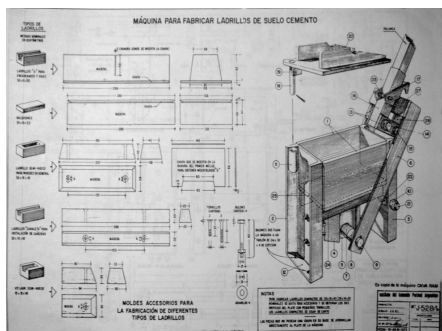


FIG. 4.16

Planos para la construcción de la máquina CINVA-RAM, resultado de una investigación de los años sesenta en el Centro de Investigaciones de Vivienda de Colombia, Ing. Ramírez. Un auténtico logotipo universal para la producción de adobes mediante presión manual. La misma materia prima, la tierra del lugar, pasa de ser un rústico “adobe” a un “producto” fiable.



FIG. 4.17

Máquina CINVARAM de fabricación prácticamente universal y peso inferior a 100 Kg. para la producción manual de adobes mediante compactación por palanca manual (Foto J. Salas).



FIG. 4.18

Paño monumental de una de las murallas extraordinariamente grandes de las ruinas de Chan-Chan, “La ciudad de los Dioses”, en las cercanías de Trujillo (Perú), necesitada de las tareas de restauración y mantenimiento de técnicos peruanos con el auspicio de UNESCO. (Foto J. Salas).



FIG. 4.19

Sede bancaria en la Plaza Mayor de Trujillo, de una construcción que en su día fue casa señorial durante la colonia, realizada a base de quincha revocada y que gracias al conocimiento de las técnicas de mantenimiento de la tierra como material de construcción, sigue prestando un excelente servicio. (Foto J. Salas).

4.3

LA TIERRA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DEL PRESENTE

A modo de presentación

Pese a sus muchos detractores y su innegable debilidad intrínseca para resistir tracciones, lo que invalida a la tierra sin tratamiento para su utilización en zonas sísmicas, así como su escasa impermeabilización frente al agua, sea esta resultado de ascensión por capilaridad o por lluvia, la tierra sigue presentando fortalezas como material de construcción para las construcciones de los más pobres, especialmente por su generosa distribución sobre el planeta que hace de ella un material prácticamente de coste cero siempre y cuando no sea necesario moverla.

La tierra, presenta entre otras, las fortalezas que se enumeran seguidamente:

- Ahorro energético (fue el origen del impulso en el momento de la primera crisis mundial de la energía de los años 70).
- Se encuentra “generosamente” repartida prácticamente en toda la superficie del globo.
- Material de coste “cero” o muy barato, (siempre y cuando no necesite transporte).
- La producción de elementos de tierra es intensiva en mano de obra.
- Necesita de inversiones mínimas, lo que hace que sea muy conveniente para la creación de microempresas.
- Proporciona confort climático en los interiores de sus construcciones.
- Extremadamente adaptable a las diferentes expresiones e identidades de la arquitectura de cada país o región.

La tierra no es un material de construcción del pasado. Hoy se sigue construyendo con tierra, y si no fuese por este material cosmopolita, abundante, gratuito y generosamente repartido sobre el globo terráqueo, la situación del hábitat de la humanidad sería aún peor que la actual, de por sí, lamentable. Sin este material humilde y sus múltiples técnicas de mejora y colocación serían mucho peores las condiciones sanitarias y menor aún la esperanza de vida de habitantes de amplísimas áreas geográficas.

Sin más mérito para ocuparse del tema, el autor confiesa no ser un auténtico especialista en este material de construcción, aunque sí un usuario y divulgador de sus excelencias, lo que le llevó a coordinar el número monográfico 377 de la Revista Informes de la Construcción, del Instituto

Eduardo Torroja, allá por enero de 1986, —¡hace 30 años!— en el tema al que convocábamos: “La tierra, material de construcción”.

Torroja, en “Razón y Ser de los Tipos Estructurales”⁵⁵, abordó la construcción con tierra desde su profundo conocimiento del comportamiento de los materiales y las estructuras, con la sutil astucia de sus reflexiones, afirmando que:

(...) el adobe es un material muy útil en regiones donde abundan las arcillas arenosas aptas para su fabricación; pero es exclusivamente aplicable a muros y elementos de régimen tensional muy bajo y en compresión. Por consiguiente, no interesa su consideración como material estructural.

Más adelante, afirmaba que:

El tapial, como el hormigón, son materiales “formáceos”, aptos para fabricar “in situ” grandes monolitos a los que se da la forma que se desea dentro de ciertos límites y leyes. Sus posibilidades económicas en muros de edificación popular, sus magníficas condiciones térmicas, antisonoras e incluso estéticas no son despreciables para ciertos casos y usos; y su resistencia y durabilidad pueden ser sensiblemente mejoradas con ciertas técnicas iniciadas modernamente...

Juzgamos de muy pertinente que Informes de la Construcción se ocupe de nuevo monográficamente de la tierra como material de construcción⁵⁶, aunando desde el rigor, esfuerzos y resultados procedentes de la Universidad, del CSIC y de profesionales que con finalidades muy diversas dedican sus esfuerzos a este material. En “las tierras”, un plural que me atrevo apellidar de *pluscuamperfecto*, en su acepción de “más-que-perfecto”, están sus virtudes, sus inconvenientes y sus retos, las que se conocen y las que necesitan de investigación sostenida y rigurosa. La tierra como material es intrínsecamente diversa, no hay dos composiciones iguales en su estado natural y si nos desplazamos unos pocos pasos —¡no digamos nada si se trata de Kilómetros!— las diferencias entre sus contenidos en arcilla, porosidad, determinación de finos, retracción, índice de huecos... pueden ser abismales, y si a su estado “natural” se añaden las múltiples posibles adicciones, tratamientos, formas de puesta en obra... los resultados, más que diversos, pueden llegar a ser antagónicos.

El documentadísimo trabajo de inicio: “Construcción con tierra en el Siglo XXI”, me ha llevado de la mano a una realidad más que actual —la de la primera década de este siglo— poniendo sobre el tapete una diversidad de realizaciones “singulares” en los más distantes puntos cardinales, que tienen

55 Eduardo Torroja, “Razón y Ser de los Tipos Estructurales”, Edit. CSIC, Madrid, Última Edición en Madrid 2004.

56 “Informes de la Construcción” apareció recientemente con una excelente recopilación de trabajos, como el Nº 523 con idéntico título “La Tierra material de Construcción” en septiembre de 2011, coordinado por Ignacio Oteiza (IETCC), Sandra Bestraten y Emilio Hormias, ambos docentes en la ETSA de Barcelona.

como denominador común la utilización de “las tierras” pero olvidando, casi todas, su característica más sustantiva: su casi gratuidad.

Sí, con énfasis, al estudio, investigación, utilización, transferencia... de la tierra como material de construcción del Siglo XXI. Para poder preservar y reparar con tino los efectos de los envites de los fenómenos “socionaturales” y el deterioro perseverante del paso del tiempo sobre el patrimonio universal construido con tierra. Sí, también, como no podía ser de otra manera, a la investigación rigurosa del material y con ciertos reparos, a las pujantes *arquitecturas de autor* con la marca “tierra” como apellido, realizadas en pro de una sostenibilidad poco creíble. De ellas, pueden derivarse aportes, conocimientos y enseñanzas que bien dosificadas y pasadas por el tamiz que impone la “necesidad”, serán útiles herramientas para otros usos y/o geografías.

Desde el Programa CYTED, junto con un excelente equipo de especialistas latinoamericanos, promovimos y acompañamos la aventura de editar una exposición itinerante: “HABITERRA (hábitat + tierra)⁵⁷”. Pensamos que debería llevar el subtítulo “Quinientos Años Construyendo con Tierra”, que posteriormente desechamos definitivamente, para llamarla simplemente Habiterra. No nació para ilustrar sobre lo que se había construido con tierra, sino con la intención de divulgar lo que se está haciendo hoy en el conjunto de países que conocemos como Latinoamérica.

Se gestó esta exposición con vocación de que fuese un mensaje sobre el futuro de las técnicas que genéricamente conocemos como “construir con tierra”. Habiterra, quiso apoyarse en el pasado, en la larga y rica tradición iberoamericana de construcciones con tierra, pero no es una exposición sobre la historia de estas construcciones. Recoge parte del legado para reafirmar que esta forma de construir no empezó ayer; como intento de decirle a muchos ciudadanos, que quizás, parte del patrimonio que les cobija directamente, o cuando menos, que forma parte de su entorno inmediato, está realizado mediante tierra, tantas veces camuflada bajo máscaras o maquillajes más o menos vergonzantes.

¿Qué tipo de viviendas construiría en una zona, sin energía eléctrica instalada, con angustiosa necesidad de cobijo, alta tasa de analfabetismo real, rentas de subsistencia...? La respuesta de millones de familias, de miles de colectividades y de algunos profesionales, fue históricamente y continúa siendo hoy: viviendas de tierra.

Anteponemos la necesidad real, como primera prioridad para impulsar Habiterra. Hay otras muchas razones validas y movilizadoras que, aunque respetables, no situamos en el primer rango de importancia: minimización de costes; ahorro energético; cuidado ecológico; aislamiento térmico; tecnología apropiable; valores estéticos; tradición antropológica;... que, configuran los sólidos basamentos del por qué de Habiterra. Por estas razones hacemos

57 La exposición se presentó junto con la publicación de su Catálogo editado por ESCALA de Colombia, como n° 3 de su colección “Tecnologías para Viviendas de Interés Social” con el título de HABITERRA, Bogotá 1995, 230 pág.

nuestra la idea magistralmente expresada por John F.C. Turner: “Un material no es interesante por lo que es, sino por lo que puede hacer por la sociedad”.

Aproximaciones diversas al uso de la tierra: precedentes europeos inmediatos

Es cierto que existe en la presente década una cierta actividad de estudios y trabajos de y con la tierra, lo cual es bueno, pero puede que tampoco aquí sea asimilable aquello de que “todo lo que es bueno para la Ford es bueno para los norteamericanos”. Trataremos de puntualizar esta idea. Ciertamente se inició un mayor acercamiento europeo (principalmente francés y en menor medida belga y alemán) durante los años setenta, a la tierra como material de construcción. Hoy, con algo de perspectiva, intentaremos desmembrarlo en tres tipos de posicionamientos distintos ante el mismo material: el de **restauradores, cooperantes y ecologistas**. Nos resistimos a denominar a los últimos como utopistas, nombre que en arquitectura tendría una lectura muy concreta, pero en nada acorde con lo que se pretendía bautizar. Las tres profesiones necesitan ser comentadas. Europa imprimió por entonces, las tres últimas décadas del pasado siglo, una especial atención a la actividad restauradora.

- **La tierra material para la restauración.**

Había, al menos, dos hechos objetivos: obra para restaurar y presupuesto para hacerlo. Parte de este patrimonio se había realizado originariamente con tierra, razón por la que apareció la necesidad de re-estudiar estas técnicas constructivas. No en vano, años antes (1964), en la Carta de Venecia se afirmaba:

(...) cuando las técnicas tradicionales se revelan inadecuadas, la consolidación de un monumento puede asegurarse apelando a otras técnicas más modernas de conservación y construcción cuya eficacia haya sido demostrada científicamente y garantizada por la experiencia”, añadiendo el siguiente párrafo: “Las aportaciones de todas las épocas patentes en la edificación de un monumento, deben ser respetadas, dado que la unidad de estilo no es el fin que se pretende alcanzar en el curso de una restauración.

El seguimiento por parte de los profesionales de este tipo de declaraciones programáticas, especialmente si se acuñaban en Venecia —Vaticano de restauradores— no deben minusvalorarse.

Tampoco debe olvidarse, que Francia “descubría”, disponer de un patrimonio de idos millones de viviendas de tierra!, de las cuales dos terceras partes se encontraban necesitadas de mantenimiento urgente. La súbita aparición de este segmento de “mercado”, influyó positivamente en el naciente acercamiento e interés de los profesionales franceses a la tierra. UNESCO no podía mostrarse ajena a esta faceta de la restauración. Tampoco el Centro de Estudios Histórico-Técnicos para la Conservación de la Arquitectura, dirigido por el Prof. Galdieri, así como otros núcleos europeos de similar talante. A ellos, con notable retraso, pese a su

extraordinario patrimonio construido con tierra, en pésimas condiciones de conservación, se incorporó España, (MINISTERIO DE CULTURA, 1989)

Lo apuntado da pie para afirmar que en los países de la CEE se vislumbra desde un acercamiento a la tierra como objeto de estudio y de trabajo. Permítannos acuñar una frase emblemática que trata de reflejar esta tendencia europea: “la tierra material de restauración”. Otro acercamiento al tema, bien distinto, es el que se da en Europa por parte de los que hemos denominado profesionales cooperantes. ¿Qué queremos que se entienda aquí como tales? Se trata de un colectivo de perfil difuso, inmerso en el naciente mundo de la cooperación para el desarrollo (recordemos que el Convenio de Lomé, en el que por primera vez se plasma la política de cooperación de la CEE con 48 países de África, el Caribe y el Pacífico, data de 1975) y en la gestación de nuevas Organizaciones No Gubernamentales (ONG). Todo ello, produce un mayor acercamiento a la realidad de los países subdesarrollados, incluida la penosa situación del hábitat en los mismos.

- **La tierra material de cooperación.**

África y Latinoamérica son metas prioritarias de arriba para este colectivo de profesionales, sin duda aún muy minoritario. África y Latinoamérica son también zonas donde la abundancia y calidad de la obra construida con tierra -viviendas y edificios públicos- les permite tomar contacto de forma práctica con este material; por otra parte, el conocimiento asimilado de los porqués prácticos de la utilización de estas técnicas, generaron una lógica actitud en estos profesionales por redescubrir las razones del uso de la tierra como material actual.

Siguiendo el paralelismo metodológico con lo anterior, se propone un segundo “slogan” como plasmación de esta actitud, sin duda distinta de la anterior: “la tierra material de cooperación”. Entendemos que son grupos de profesionales cooperantes los que se agrupan en el núcleo de CRATERRE (Grenoble, Francia), sentando las bases de tantas loables realizaciones en Francia y fuera de ella. De entre todas, la de mayor repercusión fue y sigue siéndolo, la construcción de L'Isle d'Abeau como Centro de Investigación y Aplicación de la Tierra, cerca de Grenoble (Francia), proyecto nacido en 1979, el mismo año en que CRATERRE editó un libro importante en este campo: “Construire en Terre” (CRATERRE, 1979).

De profesionales cooperantes nos atreveríamos a calificar también, a los que hicieron posible que en octubre de 1981 se mostrase la exposición en el Centro Pompidou de París: “Arquitecturas de Tierra”. No nos parece ni casual ni anecdótico que el arquitecto Jean Dethier, (DETHIER J., 1982) comisario e impulsor de esta gran muestra, hubiese sido cooperante francés en África por bastantes años. Otros núcleos activos en este espíritu, aglutinaron a un buen número de profesionales del Tercer Mundo que realizaban sus postgrados en Europa, grupos como los de Lovaina (Bélgica), el entorno del Prof. Minke en Alemania, y en menor medida, el grupo “Viviendas de Muy Bajo Coste”, que en el Instituto E. Torroja, impulsó algunos trabajos e iniciativas en parecida filosofía de cooperación

(SALAS J., 1986). Desde ellos se establecieron los primeros contactos con otros grupos latinoamericanos... Antes, recurrimos a la declaración de la Carta de Venecia, ahora lo hacemos con las declaraciones del entonces Primer Ministro de Francia, Laurent Fabius, que en la inauguración de L'Isle d'Abeau afirmó (FABIUS L., 1984):

Para transvasar una técnica es necesario: dominarla, saber explicarla y además, conocer suficientemente la cultura del receptor para que sea verdaderamente aceptada. Cantidad de proyectos han fracasado por no haber tenido en cuenta las realidades culturales de los pueblos sobre los que se quería intervenir.

- **La tierra material "ecológico".**

Se ha dejado para el final otra toma de posición europea ante la tierra y sus utilidades, la del colectivo de ecologistas, reconociendo como poco feliz su denominación.

Encuentran ellos en la tierra, "otras" características y valores, que más o menos matizadas, algunos hicieron suyas: la tierra material de nulo consumo energético; las construcciones con tierra como medio para el reencuentro con la naturaleza; la tierra como material de la arquitectura vernácula; la tierra como posibilitadora de nuevos-viejos espacios, parámetros y texturas; una técnica asimilable y cercana que el usuario puede reparar, ampliar, mejorar; una técnica constructiva facilitadora de la arquitectura orgánica y crecedera conforme con las necesidades familiares; respetuosa con el medio ambiente al que se reincorpora tras su destrucción; ...conjunto de valores que sintetizaríamos como, la tierra material de tradición.

Años antes (1975), el arquitecto egipcio Hassan Fathy había escrito "Architecture for the Poor", (FATHY H., 1975) y Schumacher había publicado "Small is beautiful", (HAYS A., 1984).

¿Por qué intentar este incompleto diagnóstico de intereses y tendencias europeas, cuando nos habíamos comprometido con un enfoque netamente americanista de Habiterre? En parte, por haber detectado, con las necesarias matizaciones, parecidas tendencias y actitudes entre los latinoamericanos que se acercan a la tierra. Reconocemos a los que llamaríamos *historicistas* que están con la tierra como material de restauración; los que forman parte de ese colectivo más amplio de *viviendistas* que utilizan cotidianamente la tierra como material de construcción (mejora y preservación de lo construido y realización de obra nueva), finalmente, los que desde un cierto inconformismo hacen de la tierra una nueva alternativa, en ocasiones estética o poética, los que valoran la tierra como un material de tradición y reconciliación. Con todos los riesgos que la generalización conlleva, detectamos en las formas de acercarse a la tierra como material de construcción, las siguientes actitudes: Genera consenso el que las construcciones con tierra deben de ser restauradas-preservadas cuando del patrimonio histórico-artístico-

cultural se trata y que deben ser conservadas/mejoradas cuando hablamos del hábitat de tierra ya existente.

No nos resistimos a recapitular esta gradación decreciente de adhesiones-rechazos en forma gráfica que tomamos de una nueva exposición que se exhibió en el Instituto de los Pueblos Árabes de París bajo el siguiente resumen utilizado como reclamo:

- **Restaurar / preservar;**
- **Conservar / mejorar;**
- **Permitir / asesorar;**
- **Emplear / divulgar;**
- **Apoyar / promocionar.**

FIG. 4.20

La necesidad de la investigación del material tierra y de sus técnicas de empleo resulta palpable. Un centro de excelencia es sin duda CRATERRE en Francia, que desde hace décadas realiza tareas de investigación y de difusión encomiables, tanto para los usuarios como para las empresas del sector construcción y que le han valido su clasificación como "Centro de Excelencia". (Foto: Craterre).

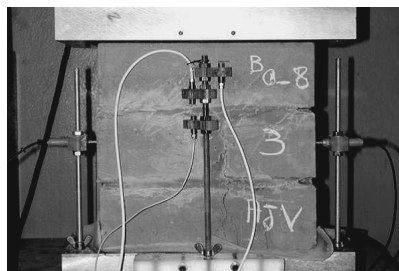


FIG. 4.21

Muestra de vivienda-tipo realizada con carácter experimental, para la difusión de diferentes tecnologías de construcción con tierra en el poblado "L'Isle d'Abeau", cerca de Grenoble (Francia) y que supuso un hito en 1979. (Foto J. Salas).



FIG. 4.22

El arquitecto-humanista egipcio Hassan Fathy, al que tanto debemos los entusiastas de la tierra como material de construcción, por su docencia como por sus realizaciones, siempre en la búsqueda de la utilización de materiales y mano de obra autóctona, como el mejor camino para disminuir los coste de construcción.

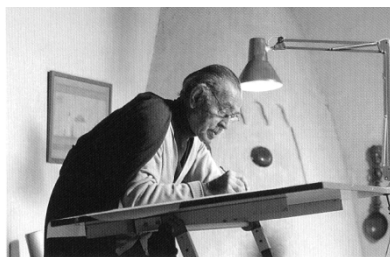


FIG. 4.23

Un aspecto de la construcción exnovo del poblado en GURNA, Egipto a base de adobes de tierra y cubiertas a base de bóvedas realizadas manualmente sin estructura de soportes.



Tierra “versus” cemento: un debate vivo.

No hay material excluyente, ni solución constructiva única. No hay tecnologías intrínsecamente apropiadas, ni materiales genuinamente antagónicos. Sólo la bondad de los resultados, juzgados a posteriori y necesariamente en el marco de sus contextos, avalan o invalidan decisiones técnicas previamente adoptadas.

El cemento está. La presencia del cemento se generalizó y se expandió hace décadas cubriendo, de hecho, prácticamente toda la geografía latinoamericana “civilizada”. Es cierto que hace años unas veces era importado y en la mayoría de los casos era, y es, producción nacional; que en no pocos casos, pese a las distancias, las geografías y los intermediarios el cemento forma parte de la cultura de la América “moderna”. Los técnicos de la formalidad —los que recibieron su título en arquitectura o ingeniería civil— prácticamente todos, se adiestraron en la dosificación y utilización de este conglomerante excelente que lleva el apellido inglés de Portland.

Prácticamente ninguno de esos técnicos de la formalidad recibió formación alguna sobre cómo dosificar y utilizar la tierra. Los mundos de las construcciones con base en el cemento/hormigón y de las construcciones con tierra, suelen ser mundos distintos. Dos mentalidades, dos contabilidades difícilmente comparables. No nos parece camino adecuado el intentar comparar cuanto más o menos resistente es un muro de hormigón respecto de otro de tapial, ni cuanto más caro es un metro cúbico de obra con base en material “noble” —así llaman en no pocas regiones de América Latina a las construcciones de hormigón y/o cerámica— frente a uno de tierra cruda. No es este el debate pertinente, según nuestro modo de ver.

El cemento existe y tiene un dilatado futuro asegurado. Sus excelentes características técnicas están fuera de todo cuestionamiento sensato. Estas afirmaciones, obvias, sospechamos que no lo son tanto para los partidarios a ultranza de la tierra. Una actitud pragmática, aceptando que se trata de dos mundos muy distintos, aconseja que estos no sean estancos. No hay razón para exclusiones apriorísticas. En aquellas circunstancias donde la economía y la sensatez técnica lo aconsejen, las soluciones mixtas son viables y así lo demuestra cada vez más, la proliferación de soluciones y técnicas de obras de: tierra estabilizada con cemento; suelo-cemento; tapiales mejorados; estructuras de hormigón y cerramientos de tierra cruda; parámetros de adobe revocados con mortero. Hay que poner a punto soluciones tecnológicas para ponerlas a disposición de los nuevos profesionales. Herramientas que ayuden en la búsqueda de la racionalidad técnico-económica y a superar tanto empirismo circundante.

Un ejemplo, loable desde el punto de vista de los intereses del cemento -de sus productores y nítidamente pragmático desde cualquier punto de vista, nos parece la política de acercamiento técnico y de divulgación de la utilización del cemento como aliado de la tierra, que de forma práctica lleva a cabo la Asociación Brasileña del Cemento Portland (ABCP). Lo mencionamos por tratarse de un caso de suficiente importancia y trayectoria, que permite ratificarnos en el título que hace años adoptamos como título de una de nuestras charlas: “Tierra “versus” cemento: un debate estéril”. Parecería más

sensato plantear el tema tratando de responder en forma adecuada a cuestiones aparentemente triviales: ¿dónde?, ¿cuánto? y ¿cómo utilizar el cemento como aliado de la tierra?...

Saltos tecnológicos posibles y mediatos

Bajo esa perspectiva, intentaremos delimitar cuáles son en nuestra opinión los retos actuales, las líneas de actuación posibles en pro de impulsar y facilitar el desarrollo de estas técnicas. Hemos calificado premeditadamente de “saltos tecnológicos posibles” ya que no se quiere perder de vista el contexto profundamente conservador en el que se dan estas construcciones, y en el que “cambios” aparentemente insignificantes para técnicos y profesionales del sector formal, pueden ser tan desproporcionados y “revolucionarios” para el sector al que se destina la variación de lo cotidiano, que un desatino en la escala de lo asimilable, puede ser pasaporte seguro de fracaso, aunque este no sea imputable a la técnica, sino a la falta de capacidad para asimilarla.

Una primera reflexión trataría de invitar a profundizar en las técnicas -si, técnicas- de racionalización de estas obras. Pareciera que en este tipo de construcciones de “viviendas sin costo”, todo aporte es válido y bienvenido. Ello, que puede ser aceptable para la vivienda individual -acciones puntuales-, en modo alguno puede ser extrapolable a conjuntos habitacionales de tierra, por muy respetuosos que queramos ser con las tradiciones y forma de organización de las colectividades. Este punto, intransable para muchos, puede condensarse de forma más tecnocrática en tratar de resolver el binomio casi siempre antagónico entre la vivienda como producto o como proceso.

Con todas las precauciones propias del caso, personalmente nos definimos — para obras o realizaciones de cierta entidad a base de tierra— por la primer visión. Se trata de producir viviendas desde el respeto a los procesos tradicionales, desde la asunción de que sin la participación de los beneficiarios no hay solución posible ni viable del problema. Pero de producir viviendas se trata, al fin y al cabo. Para construir tratamos de formarnos profesionalmente. No pretende este apartado la pedantería, pero si el intentar un planteamiento de futuro pensando en el mañana del empleo de la tierra. En este contexto estamos por la necesidad de avanzar, y este es un gran reto para los técnicos latinoamericanos, en el camino de la racionalización, que entendemos como “software”, parte del “ordware” que se ocupa del orden, del orden en el sentido de “regla o modo que se observa para hacer las cosas”.

Quisiéramos animar en el sentido de desmitificar el concepto racionalización, desde una real adecuación al medio. ¿En qué realización con base en tierra no podemos influir más como técnicos en el sentido de: optimizar el proyecto constructivo-arquitectónico; prever tareas; preparar acopios; formar y divulgar entre los participantes; evitar desechos y roturas; adecuar capacidades y tareas; canalizar liderazgos;...? Son, ciertamente, otro tipo de planteamientos sobre los que no hemos recibido formación académica previa, para los que no estorbaran los conocimientos adquiridos y asimilados sobre otras caras del “software”.

Con un material tan ancestral como la tierra, con unas técnicas tan “duras” — en el sentido de escasa capacidad de flexibilización— como las que presenta el adobe, el tapial, la quincha..., con una mano de obra tan heterodoxa como la de un colectivo rural latinoamericano... nuestra apuesta-invitación es que pese a todo, hay un amplio campo de actuación para la racionalización de la obra. De cada obra en concreto. Este es uno de los saltos tecnológicos por los que se apuesta. Un salto en pro de las personas: del respeto por la capacidad del ingeniero con ingenio; del buen oficio del arquitecto; del liderazgo de mujeres y hombres, que sin más título que sus capacidades e intuiciones, construyen viviendas con tierra.

El segundo reto —salto tecnológico— que se propone para avanzar es el de la mecanización. La respuesta adecuada del técnico a la interrogante sobre cuál es la mecanización necesaria y posible para una obra con tierra, constituye buena parte del éxito/ fracaso relativo de toda realización.

Dejaremos constancia de dos posibles acepciones de lo que por mecanización entiende el diccionario de la Real Academia Española como acción y efecto de mecanizar, “implantar el uso de las máquinas en operaciones”, de construcción obviamente en este caso. Otra posible: “dar la regularidad de una máquina a las acciones humanas”, mucho más próxima ésta a la anterior interpretación de la racionalización que de la mecanización. A modo de ejemplos reales, comentaremos dos posibles vías muy concretas de mecanización: la producción de adobes/ bloques BTC con prensas manuales o mecánicas y el empleo de encofrados metálicos en tapiales.

La decisión de saltar tecnológicamente de la producción manual del adobe tradicional/ ancestral en una zona geográfica determinada, a la utilización de una sencilla prensa, puede ser una evolución de alcance muy superior al que a primera vista podría creerse. El dilucidar si esa prensa debe ser de funcionamiento manual o motorizado, puede ser decisión compleja. La aparición de una prensa en determinados contextos de la América Latina de hoy, equivale a pasar, en las formas de construir, de la precolonización a la pre-revolución industrial —en el caso de la prensa manual— o a la post-revolución —en el caso de la prensa automática—, y ello, en un salto que pretende ser instantáneo.

Este tipo de mecanización es hoy factible. No en vano han pasado cinco décadas desde la primera máquina CINVA-Ram, a la que el colombiano Ramírez, realizador e impulsor de la misma diera apellido, materializando un pequeño-gran logro, un extraordinario aporte. Mediante una inversión de menos de mil dólares, se pasa de trabajar agachado a trabajar de pie, de producir 100 adobes por pareja de trabajadores y día a producir 500 por una cuadrilla de tres; de transmitirle la compactación errática que proporcionan unas manos cansadas, a meterle 15 Tn. de compresión en las entrañas del adobe; de producir un “cuasi” paralelepípedo, a poder asegurar formas y tolerancias; de depender del sol y de la lluvia de mañana, a poder asegurar una producción diaria de 2.500 elementos en un pequeño taller fijo; ...son éstos los logros tangibles de una mecanización posible.

Aludíamos, como otro posible ejemplo de mecanización plausible, el abordar el campo de la transformación racional de los “cofres o cajones” de los tapiales

tradicionales: su ejecución en chapa metálica; la simplificación de las operaciones de trepa y desplazamiento; la utilización de elementos de esquina especialmente diseñados para asegurar su atado monolítico; la compactación mecánica en aquellos casos en que fuere factible; la mayor estanqueidad de los moldes;... son posibles campos de intervención técnica más que deseables.

Vemos la necesidad de alianzas con la mecanización más como consecuencia de un proceso o enfoque industrial que como origen desencadenante del mismo. Nos permitiremos contradecir al refranero castellano que veladamente critica el “poner la carreta antes que los bueyes”... No creemos en el camino opuesto y son bastantes las experiencias conocidas desde la adquisición de modestas CINVA-Ram a complejas fábricas de prefabricación “llave en mano” en las que la llegada de las máquinas, antes que la adecuación de las mentes que debían utilizarlas, dieron al traste con muchos proyectos de inversiones millonarias en dólares.

El siguiente desafío, siempre en una línea modesta, sería el de la industrialización, expresión tan manoseada como poco concreta hoy día. Ella requiere, en nuestra opinión, de la simultaneidad de los dos procesos comentados: racionalización y mecanización.

Cuando se logra la sincronía entre el grado de mecanización idóneo para el caso y momento concreto, con las acciones oportunas de racionalización del proceso de obra (circunstancias ambas que en buena parte dependen de la capacidad, preparación, y sensibilidad de los técnicos responsables), aparecen como resultado tangible algunas de las ventajas de la industrialización. Quizás para algunos no sea merecedor de tal denominación, partidarios de guardar el etiquetado de industrialización para acciones de más altos vuelos o de mayor componente de “hardware”.

No vemos inconveniente alguno en denominar realización industrializada con tierra, cuando se consigue la deseable empatía entre mecanización y racionalización en los niveles posibles y capaces de proporcionar como resultado: un notorio incremento de la calidad, disminución del esfuerzo de trabajo y baja en el costo de ejecución, respecto de realizaciones semejantes. ¿Qué otra cosa es la industrialización?

¿Qué falta por hacer?

Mucho falta por investigar y casi todo por divulgar con rigor. Ya se mencionó la necesidad de preparar un “corpus de conocimientos” fiable y práctico, pasemos a esbozar algunas de las investigaciones y acciones a las que personalmente concederíamos las primeras prioridades. Resulta inaplazable una investigación aplicada bien coordinada, que aborde con rigor un tema crucial: techos de tierra. Desde al menos tres vías tipológicas distintas: planos inclinados; arcos- abovedados y cúpulas. El reto no es baladí, máxime, si se aborda la necesidad de construcciones de varias alturas y en climas distintos, incluso lluviosos.

Otras investigaciones de carácter fundamental, parecen imprescindibles al menos en dos frentes: conocer y evitar los fenómenos de permeabilidad frente al agua y seguir avanzando en el camino de hacer cada vez más fiable, una

adecuada respuesta estructural de las construcciones con tierra ante el sismo. Tema este último, en el que habría que recoger los resultados aportados por peruanos, mexicanos y chilenos..., contribuciones de excelencia a nivel internacional.

También, evidentemente, las razonables críticas de los que están en contra de este tipo de construcciones. Por abordar un caso concreto, lo hacemos referenciando al grupo de especialistas chilenos, que teniendo en la memoria histórica el terremoto de Chillán de 1939 en el que

el 59% de los edificios de adobe se derrumbaron, siendo esto en gran parte, la causa de más de 40.000 muertes,

agregan colegiadamente:

(...) este tipo de habitaciones debiera, en consecuencia, prohibirse. Sin embargo, surge la pregunta de si habrá materiales alternativos adecuados para reemplazar al adobe. Por este motivo la Comisión no ha querido recomendar la supresión de este tipo de casas de la lista de la Ordenanza y se ha limitado a indicar modificaciones que aumenten su resistencia sísmica.

Debe advertirse que no hay que pensar que tales modificaciones conduzcan a hacer estas viviendas seguras contra terremotos, porque el adobe tiene condiciones específicas, tales como su fragilidad, peso, falta de homogeneidad, deterioro con el tiempo, etc. que impiden comportarse siempre satisfactoriamente.

Transferencia de las construcciones con tierra desde las cátedras universitarias —alejadas de esta realidad constructiva y cercanas a las no siempre fructíferas polémicas estilísticas importadas—. Transferencia escrita, mediante textos gestados en Latinoamérica que se ocupen de los problemas propios de Latinoamérica. Normas, reglamentos y códigos-modelos, que con el necesario enfoque pedagógico-divulgador, atiendan los distintos aspectos técnicos de estas construcciones, —loable en este sentido, la Norma Peruana E.080 Adobe— que reproducimos más adelante por su interés. Divulgación también, en una vertiente aún más pegada al terreno, la de la formación de maestros constructores, para que puedan responder adecuadamente, tras toda una vida dedicada al oficio ante la pregunta: ¿Cómo aprendió tapia?:

Hay aún mucho camino por recorrer para tratar de paliar el dramatismo de un fenómeno cada vez más frecuente en Latinoamérica por el cual miles, millones de familias campesinas abandonan sus casas de tierra —en ocasiones más que dignas— para emigrar a la gran ciudad, donde les esperan muchos años de su vida en una villa miseria, callampa, ranchito, campamento, favela,... aspirando a llegar a tener una vivienda de “material noble”. El fenómeno aún siendo extraordinariamente llamativo en el Área estudiada es cosmopolita en intensidad y dramatismo.,

Es mucho lo que hay que avanzar para revertir estas circunstancias adversas y perversas. Difusión en todos los medios —orales, escritos y visuales— y realización de construcciones públicas y simbólicas: ayuntamientos, escuelas, iglesias,... con base en tierra, allí donde sea conveniente. Valga este punteo como hitos de algunos de los caminos por recorrer.

4.4

LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA FRENTE AL AGUA Y AL SISMO

Este Apartado pretende acercarse a las técnicas de utilización de la tierra para la construcción de viviendas en países o regiones pobres, en los que las necesidades son abrumadoras y los procesos de ejecución dominantes son diferentes formas de "autoconstrucción". No se pretende un acercamiento a la tierra como material de excelentes características desde puntos de vista o aspectos francamente en alza en el Primer Mundo: ahorro energético, respeto al medio ambiente, textura, aportación al confort de la vivienda, etc.

Se propone una primera gran división de las extensas áreas geográficas en las que la tierra sigue siendo un material vigente para la construcción de alojamientos —también infraviviendas— de muy bajo coste; división que se propone según se trate o no de zonas sometidas a acciones sísmicas y en las que sea frecuente o no la acción de la lluvia. Hay que reconocer, asumir como condicionante crucial y poner de manifiesto desde el inicio el mediocre comportamiento de la tierra frente a las tensiones de tracción y ante la humedad, problema que pretende dejar meridianamente claro la siguiente división por zonas:

- Áreas geográficas de climatología seca y sin riesgo de acciones sísmicas;
- Áreas geográficas con frecuentes lluvias y/o sometidas a acciones sísmicas.

En el primero de los casos, la evidencia de ciertas construcciones del patrimonio construido o de realizaciones recientes en países como el Yemen, Malí, Marruecos... y por supuesto en amplias zonas de América Latina, dejan clara constancia de la idoneidad de la tierra como material de construcción en áreas geográficas pobres, de climatología seca y no sometidas a las sacudidas de los terremotos. En estos casos, son otras las razones —fundamentalmente de carácter sociológico y/o condicionantes de mercado— por las que este tipo de construcciones pueden verse sometidas a cierto rechazo social. A modo de botones de muestra, tres citas muy distintas —todas de carácter sociológico y nada técnico— pueden servir como temas de reflexión y debate:

Julius Nyerere, Presidente de Tanzania. Arquitecto:

Los habitantes de mi país rechazan ahora construir sus viviendas de adobe, tapial y tejas. Quieren para sus cubiertas la placa ondulada y, para sus muros, lo que ellos llaman la tierra europea, es decir, el hormigón. Si queremos progresar en el futuro,

tendremos que desembarazarnos de esta obsesión que se transforma en parálisis menta.

Catálogo de la exposición "Marruecos Presahariano", Madrid 2009:

Las viejas fortalezas de barro todavía están en pie, pero tienden a desaparecer no porque fallen los cimientos, sino porque ha cambiado la mentalidad de sus dueños.

Empresario mexicano promotor del sistema GEOBLOK a base de bloques de suelo-cemento:

Las clases populares ven este material como símbolo de "pobreza", por lo tanto, es fundamental para nuestro sistema constructivo que el enfoque que le demos al material que utilizamos rompa totalmente con la idea del "abobe".

El reto tecnológico y los grandes desafíos por la falta de conocimiento del comportamiento de las construcciones con tierra —aun vigente pese a los miles desafíos de su utilización masiva— está en hacer posible su empleo en condiciones nada propicias para el material: hacer que disminuya la vulnerabilidad de sus estructuras ante la acción sísmica (acciones horizontales y tensiones de tracción y corte) e incrementar la resistencia de la tierra al agua, tanto por acción directa de la lluvia como por la humedad de cualquier tipo y procedencia. A llamar la atención sobre estos dos aspectos específicos se dedica este Apartado.

¿Construir con tierra? Sin vacilación sí, cuando no hay otra posibilidad mejor. Ésta es la dramática realidad de una porción extraordinariamente extensa de población mundial (no puede olvidarse el dato de que una cuarta parte de la misma —casi 2.000 millones— tiene ingresos anuales menores de 500 \$USA per cápita). No hay alternativa para cientos de millones de casos: o viviendas a base de tierra, o nada. Por esta razón, y no por otras que se han divulgado de índole estético o conservacionista, adoptó la tierra Hassan Fathy para construir Gourni en Egipto (FATHY H., 1975), y ante este dilema, algunos profesionales que se ocupan del tema razonan: "Dado que, desgraciadamente, los peruanos van a seguir construyendo a base de tierra, ayudemos a que lo hagan mejor".

La necesidad de espacios construidos para amplios sectores de población que nunca serán solventes para optar a otro tipo de soluciones constructivas, es la principal razón por la que se sigue construyendo con tierra. Más de un tercio de la población habita en viviendas básicamente de tierra, y en no pocas regiones de Latinoamérica. la proporción anterior supera la mitad de la población.

¿La tierra material de construcción? Los hechos se obstinan en seguir demostrando que sí, en distintos contextos, geografías, climas...; para distintos usos: viviendas, escuelas, iglesias y mezquitas...; demuestran la vigencia de las construcciones de tierra. La práctica y las investigaciones aplicadas realizadas han hecho o tratan de hacer compatible el empleo de la tierra en zonas húmedas, siguiendo dos caminos conceptualmente distintos: la adecuación de las soluciones constructivas (diseño formal) y la mejora de las propiedades de la tierra ante el agua (adición, compactación, consolidación, impregnación...).

El otro gran reto es el sismo. Las acciones que estos fenómenos naturales suponen sobre una estructura modesta (aunque generalmente suficiente para resistir cargas verticales), la ponen ciertamente en peligro grave. En este contexto de búsqueda de recomendaciones prácticas y eficientes que aumenten la resistencia sísmica de adobes y tapiales, hay que enmarcar el excelente trabajo del equipo de técnicos peruanos que como resultado de extensos y minuciosos planes de ensayos, redactaron en el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda de Perú (ININVI), la norma "Construcciones en Adobe Disposiciones Especiales para Diseño Sismorresistente", norma "NTE E.080 ADOBE", texto que se reproduce más adelante.

¿La tierra objeto de investigación? Sí, para adecuar el manejo racional de la tierra a las abultadas necesidades de nuestro siglo hay un largo trecho que recorrer. En modo alguno se propone que se industrialice la tierra, según la visión del Norte, y que el Sur adopte sus formas, métodos y maneras. Se trata de abrir la panoplia de posibilidades y alternativas para que en cada caso se tenga donde elegir. Se trata de superar el actual empirismo al que se encuentra sometido este material, sin poner trabas injustificadas; de recuperar técnicas en peligro de desaparición y adaptarlas a los nuevos tiempos; de ayudar a resolver de forma más equilibrada la desproporción entre necesidad de cobijo y posibilidades reales de ejecución. Hace falta mucha investigación-acción, estudios muy pegados al terreno, técnicas para transferir resultados, medios para divulgarlos, normas realistas...

La construcción en tierra, indudablemente con un bajísimo ratio costo/calidad, es en determinadas circunstancias una solución en la Latinoamérica de hoy. Al menos, en las extensas zonas que fueron de dominio de las grandes culturas precolombinas, donde hoy habita el gran mestizaje hispano hablante. Destacan por sus similares necesidades, México, Guatemala, Honduras, El Salvador y también, después de un paréntesis de influencia caribeña y de diferencias ecológicas, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil en parte y el Norte de Chile y Argentina. Por desafortunada coincidencia, todas ellas son zonas de alta sismicidad.

En las regiones andinas, hasta hoy, la solución de construcción con tierra no tiene alternativa viable por un doble aspecto: económico y de protección climática (bajas temperaturas en la noche y altas durante el día). El adobe o tapial trabaja como un acumulador térmico de doble dirección conservando la temperatura interior relativamente uniforme.

Se estima que el costo de una vivienda rustica de tierra autoconstruida y autogestionada en su proceso constructivo, no sobrepasa los 60 \$USA norteamericanos por metro cuadrado y el de una de quinchá (básicamente conformada por un entramado de caña o carrizo con doble recubrimiento de tierra, enlucida o no) puede ser del orden de 100 \$USA, mientras que en albañilería tradicional de ladrillo o bloque de hormigón puede suponer, en circunstancias comparables, unos 200 \$USA por metro cuadrado frente a los más de 400 \$USA para una vivienda terminada de clase media en la misma zona.

Características:

Para referirnos a las construcciones con tierra, es conveniente realizar alguna clasificación:

Sin molde:

- Utilizando unidades
- Moldeadas a mano

Adobe:

- Unidades cortadas del suelo
- Moldes y tierra muy húmeda
- Moldes, tierra poco húmeda y compactación

Tapial:

- Compactación artesanal
- Compactación mecanizada

Estructuras de madera o caña con cerramiento de barro:

- Continua
- Paneles prefabricados

En general, nos referimos a construcciones de adobe o tapial, salvo mención expresa. Las construcciones de tierra, como las de cualquier otro material, tienen ventajas y desventajas. En función de ellas, y de las características ecológicas de cada zona, resulta el mayor o menor uso de este tipo de edificaciones.

Entre las ventajas se pueden enumerar las siguientes:

- Simplicidad de ejecución.
- Economía.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Producción sin consumo de energía.

Los mayores inconvenientes podrían ser:

- Escasa durabilidad (erosión, humedecimiento, etc.).
- Fragilidad frente a desastres naturales (sismos e inundaciones).
- Disminución de superficie útil debido al grosor de los muros.
- Rechazo social.

La tecnología moderna ha desarrollado en las últimas décadas materiales nuevos, propios de países industrializados. Menos esfuerzo se ha invertido en la solución o control de las deficiencias de los materiales primitivos o naturales, más propios de los países del Tercer Mundo. Una revisión del listado de ventajas y desventajas presentado permite concluir que las primeras son cada

vez mas importantes en el mundo de hoy; y las segundas son superables con el auxilio de nuevos conocimientos técnicos y programas educativos de apoyo estatales. Por estas razones, tal vez como consecuencia de alguna ley natural, se podría afirmar que las construcciones de tierra tienen un prometedor futuro.

Las construcciones con tierra frente al sismo

Incapacitados para hacer un análisis detallado de las causas y consecuencias de los terremotos, optamos por un breve recuento de algunos aspectos generales. La mayoría de los sismos son de origen tectónico o volcánico. Hace alrededor de 80 años un meteorólogo, Wegener, expuso la teoría de la deriva continental y hoy existen evidencias científicas de su validez. La corteza terrestre está dividida en unas 20 placas que se desplazan sobre el manto de la tierra e interaccionan entre si. En las zonas de encuentro de dichas placas se disipa la mayor parte de la energía sísmica mundial, sin que esto signifique que en otros puntos del globo puedan producirse fallas de la corteza que originen terremotos. Existe por tanto una geografía que puede distinguir con precisión entre zonas de mayor, menor e incluso nula sismicidad.

En opinión del especialista peruano Vargas Neumann, producido un sismo por un fallo de la corteza, la energía de deformación acumulada en el proceso previo se disipa violentamente y se transmite en forma de ondas hasta la superficie. El tren de ondas que llega a cada construcción es tremendamente complejo y aleatorio, por ser el resultado de una suma de ondas de superficie y de cuerpo que llegan directamente o por reflexiones, y que varían mucho con las características de la trayectoria (material, estratos, etc.) y del mecanismo focal del sismo.

Simplificando, es pertinente pensar que en las bases de las edificaciones se producen movimientos dinámicos, que se muestran en forma de vibraciones en todos los elementos de los edificios. En ingeniería, es posible estimar los niveles de amplificación de esas vibraciones en términos de desplazamientos, velocidades y aceleraciones, lo que sirve para realizar diseños adecuados. Como consecuencia de lo anterior, es posible afirmar que las estructuras deben estar preparadas para este tipo de movimientos y que esto significa conocer primero el comportamiento dinámico de las estructuras, para luego efectuar un diseño correcto.

Un buen diseño sismorresistente, involucra atender simultáneamente una serie de acciones. Admitiendo una gran simplificación, podrían mencionarse las siguientes características positivas que las estructuras deben poseer:

1. Estructuras livianas, para disminuir la masa y por tanto los movimientos de los distintos elementos.
2. Ausencia de puntos críticos de concentración de esfuerzos, lo que se obtiene definiendo arquitecturas adecuadas:
 - Distribución simétrica de elementos.
 - Densidad uniforme de muros y elementos.
 - Continuidad en las formas y volúmenes.

- Uniformidad en la rigidez y ductilidad del material.
3. Conexiones que garanticen la posibilidad de movimientos dúctiles.
 4. Resistencia suficiente, para soportar los esfuerzos.
 5. Deformabilidad limitada.

Con relación a las construcciones de tierra, para analizar su comportamiento hay que distinguir entre:

- Construcciones de mampostería (adobe y tapial).
- Sistemas continuos (madera o caña con barro).

En términos estructurales genéricos, las mamposterías de adobe o tapial pueden ser tratadas de forma similar, no necesariamente así, sus refuerzos apropiados.

Las construcciones de tierra frente a las humedades y el agua

Ya se ha anunciado que el agua, bajo cualquiera de sus modalidades, es un peligroso agente agresor de las construcciones con tierra; fundamentalmente es conocido el efecto de las lluvias y los desbordes de ríos que por ellas se ocasionan. Las inundaciones producen daños graves sobre todo tipo de construcciones y en especial sobre las de tierra. La experiencia permite zonificar las ciudades, de manera de evitar el uso de tierras bajas o propensas a ser inundadas por los desbordes de ríos, en función de su bajo nivel y ubicación. Son áreas dedicadas a utilidad pública (parques, zonas deportivas, etc.).

El efecto directo de las lluvias sobre las construcciones de tierra es posible controlarlo a través de tres precauciones:

- Cubiertas con techos adecuados: a base de pendientes y con aleros generosos;
- Cimientos y sobrecimientos estables y suficientes.
- Protección de los muros, mediante enlucidos eficientes.

Pese al tiempo transcurrido desde su realización, nos parece que sigue siendo de interés conceptual el trabajo de investigación aplicada que realizamos en 1986 sobre *La tierra como materia/ de construcción* en el Instituto E. Torroja, cuyos resultados recogimos en el número monográfico sobre el tema en la revista "Informes de la Construcción" n° 377 a la que remitimos para cualquier aclaración complementaria sobre lo que sigue.

La primera conclusión obvia, que hay que tener bien clara, es que **no puede hablarse con rigor del material "tierra" sino de "tierras"**; la diversidad de sus características es prácticamente infinita. En el trabajo que vamos a comentar en forma somera se estudiaron cuatro tierras procedentes de las siguientes localidades: Alcalá de Henares; Ciadueña; Navapalos y Chiloeches, y pese a su relativa proximidad geográfica, los resultados recogidos en la Tabla 4.11 dejan bien patente que estamos tratando con "materiales" muy diferentes. También lo ratifican las diferentes curvas de distribución granulométricas de las tierras estudiadas representadas en la Figura 4.24.

TABLA 4.11
RECOPILACIÓN DE VALORES CUANTITATIVOS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS
 (Probetas según pasta normalizada: DIN 18.952)

PROCEDENCIA → PARAMETROS ↓	ALCALÁ DE HENARES	CIADUEÑA	NAVAPALOS	CHIOECHES	ALCALÁ CHIOECHES
DETERMINACIÓN DE FINOS (%)	96,5	47,5	63,1	64,8	44,8
CONTENIDO DE ARCILLA (%)	38,3	16,1	26,6	24,1	18,3
HUMEDAD NATURAL EN LABORATORIO (W%)	4,49	1,82	2,41	2,86	2,38
ÍNDICE DE HUECOS	0,12	0,05	1,06	0,07	0,06
POROSIDAD	0,10	0,05	0,06	0,07	0,06
DENSIDAD SECA	0,19	0,47	0,37	0,29	0,37
LÍMITE PLÁSTICO (%LP)	30,25	18,30	24,10	26,80	18,60
LÍMITE LÍQUIDO (%LL)	53,00	25,20	38,50	40,80	27,20
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	22,70	6,90	14,40	14,00	8,60
ACTIVIDAD (IP/% ARCILLA)	0,59	0,43	0,54	0,58	0,47
RETRACCIÓN (%)	14,4	2,2	5,2	6,2	4,3
RESISTENCIA AL AGUA (1H)	VÁLIDO	VÁLIDO	VÁLIDO	VÁLIDO	VÁLIDO
RESISTENCIA A TRACCIÓN (Kg/cm ² PRUEBA DE LOS OCHOS)	3,00	2,25	2,75	2,00	2,25
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm ² PROBETAS 4x4x16 CM)	74,6	53,40	67,50	60,10	43,80
RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN (Kg/cm ² PROBETAS 4x4x16 CM)	20,87	13,50	23,50	18,60	17,40

Estudiando el comportamiento de dichas tierras ante el agua se diseñaron diferentes composiciones de tierras partiendo de las de: Navapalos, Ciadueña y mezclas 50%-50% de Alcalá-Chiloeches a las que se agregaron un 5%; 10% y 15% en peso de cal apagada, cemento porland PA-350; ceniza volante de la térmica de Soto de la Ribera y un impermeabilizante químico comercializado con el nombre de Adogen. De dichas combinaciones resultaban 39 muestras distintas de tierras cuyas claves figuran en la Tabla 4.12. De todas se prepararon, en idénticas condiciones, baldosas de 15x15x2 cm que se sometieron a un gran número de ensayos, pero para el objetivo que nos ocupa mencionaremos únicamente los ensayos de goteo y de acción climatológica.

TABLA 4.12
CLAVES PARA LA DENOMINACIÓN DE DIFERENTES COMPOSICIONES DE TIERRAS DE LAS PROBETAS DE 15x15x2 CM PARA ENSAYOS DE GOTEO Y DE ACCIÓN CLIMATOLÓGICA

PROCEDENCIA		NAVAPALOS		CIADUEÑA	50% ALCALÁ + 50% CHILOECHES
COMPOSICIÓN	SUELO	100%	1.1	2.1	3.1
	CAL	5%	1.2	2.2	3.2
		10%	1.3	2.3	3.3
		15%	1.4	2.4	3.4
	CEMENTO	5%	1.5	2.5	3.5
		10%	1.6	2.6	3.6
		15%	1.7	2.7	3.7
	CENIZA VOLANTE	5%	1.8	2.8	3.8
		10%	1.9	2.9	3.9
		15%	1.10	2.10	3.10
	IMPERMEABILIZANTE QUÍMICO	5%	1.11	2.11	3.11
		10%	1.12	2.12	3.12
		15%	1.13	2.13	3.13

Ensayo de goteo

La Figura 4.25 muestra la implementación del ensayo mediante el cual, desde dos metros de altura se dejaba caer de manera constante agua en forma de gotas a un ritmo de 60 gotas por minuto (del orden de 0,416 litros por hora). Cada hora se registraban resultados: tiempo hasta la aparición de la primera huella en las baldosas; diámetro de la huella; profundidad de la misma; tiempo de perforación; tiempo de rotura o alteración.

En la Figura 4.26 se recoge en forma gráfica la evolución de los diferentes ensayos de goteo y en la Tabla 4.13 los resultados finales calificando el comportamiento como: *bajo*, *medio* y *alto* respectivamente. *Bajo*, cuando se producía la perforación total de la baldosa antes de las cuatro horas de ensayo continuado; *medio* cuando ocurría antes de las 24 horas y *alto* cuando la perforación ocurría después de las 24 horas.

En el periodo de tres meses de observación se establecieron los niveles de respuesta: *inalteradas*; *microfisuras*; *fisuradas*; *agrietadas*; *derrumbamiento parcial* y *derrumbamiento total*. Relacionando dichos parámetros se establecieron tres niveles de calidad de respuesta: *bajo*, *medio* y *alto*. Los resultados finales se recogen en la Tabla 4.14, en la que pueden verse los extraordinarios resultados debidos a la influencia de la adición de cemento.

Se sometieron al régimen climatológico del invierno en Madrid (Ver Figura 4.27) 30 baldosas con las dosificaciones estudiadas (Ver Figura 4.28).

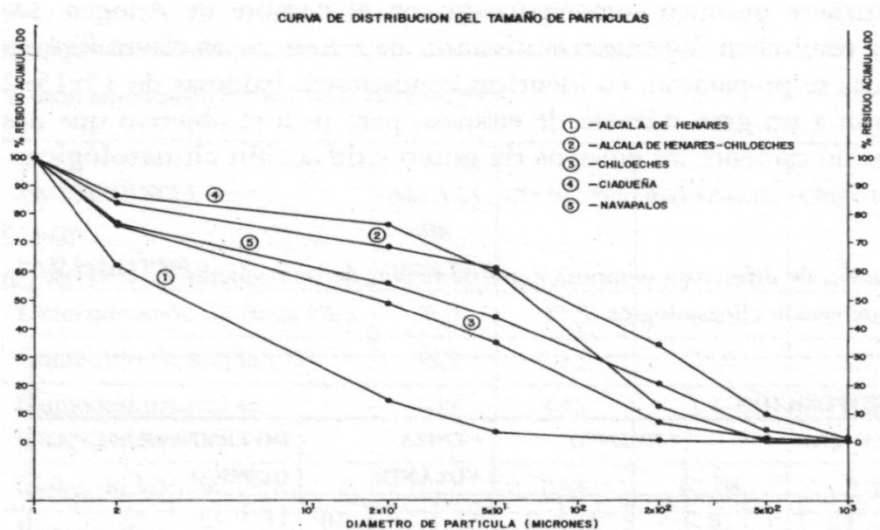


FIG. 4.24

FIG. 4.25

Un aspecto de la construcción exnovo del poblado en GURNA, Egipto a base de adobes de tierra y cubiertas a base de bóvedas realizadas manualmente sin estructura de soportes.

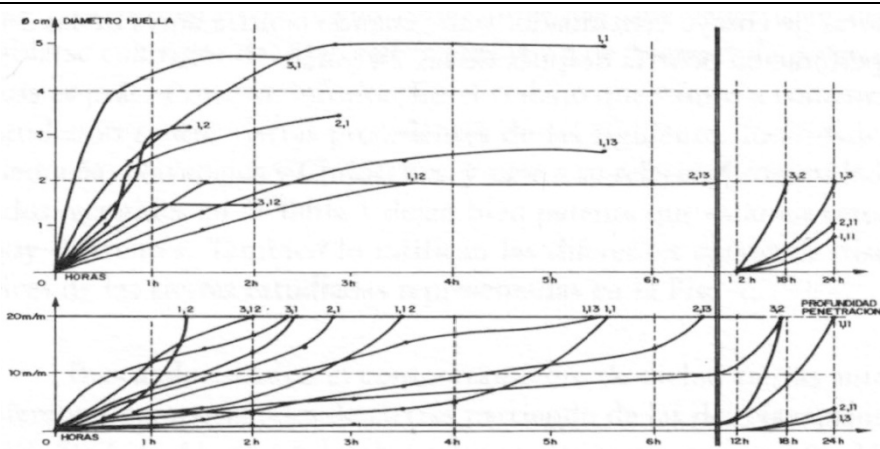
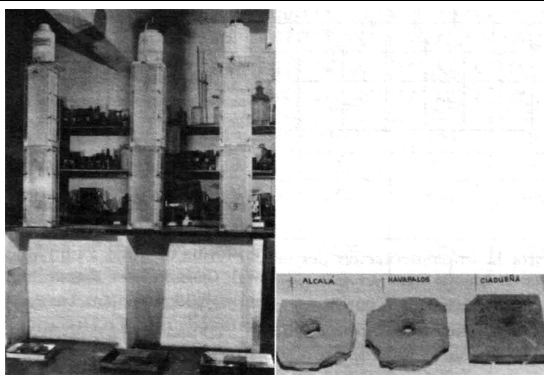


FIG. 4.26

TABLA 4.13
COMPORTAMIENTO DE LOS ENSAYOS DE BALDOSAS A GOTEO
 (60 gotas por minuto desde una altura de 2m)

COMPRTAMIENTO	PROCEDENCIA	SUELO	CAL		CEMENTO				REWO		
		1	2	3	4	5	6	7	11	12	13
		100%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
ALTO	NAV.	1.1			1.4		1.6	1.7			
	CIAD.			2.3	2.4	2.5	2.6	2.7			
	AL.CI.				3.4	3.5	3.6	3.7			
MEDIO	NAV.			1.3		1.5			1.11		1.13
	CIAD.		2.2						2.11		2.13
	AL.CI.		3.2	3.3					3.11		3.13
BAJO	NAV.		1.2							1.12	
	CIAD.	2.1								2.12	
	AL.CI.	3.1								3.12	

En la Tabla 4.14 se muestra la evolución en el tiempo de las alteraciones en las baldosas. La nomenclatura empleada para las probetas se corresponde con la adoptada en la Tabla 4.14 y su posición esquemática es la misma en la que aparecen en la Figura 4.28:

TABLA 4.14
COMPORTAMIENTO DE LOS ENSAYOS DE BALDOSAS A LA ACCIÓN CLIMATOLÓGICA

COMPRTAMIENTO	PROCEDENCIA	SUELO	CAL				CEMENTO			REWO		
		1	2	3	4	5	6	7	11	12	13	
		100%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	
ALTO	NAV.	1.1			1.4		1.6	1.7				
	CIAD.			2.3	2.4	2.5	2.6	2.7				
	AL.CI.				3.4	3.5	3.6	3.7				
MEDIO	NAV.			1.3		1.5			1.11		1.13	
	CIAD.		2.2						2.11		2.13	
	AL.CI.		3.2	3.3					3.11		3.13	
BAJO	NAV.		1.2							1.12		
	CIAD.	2.1								2.12		
	AL.CI.	3.1								3.12		

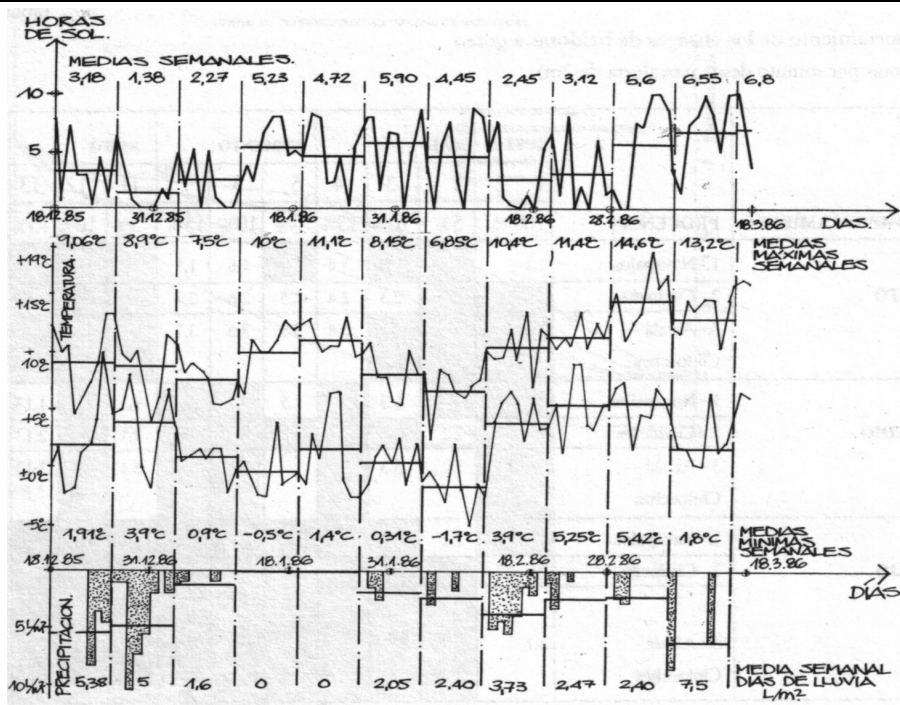


FIG. 4.27

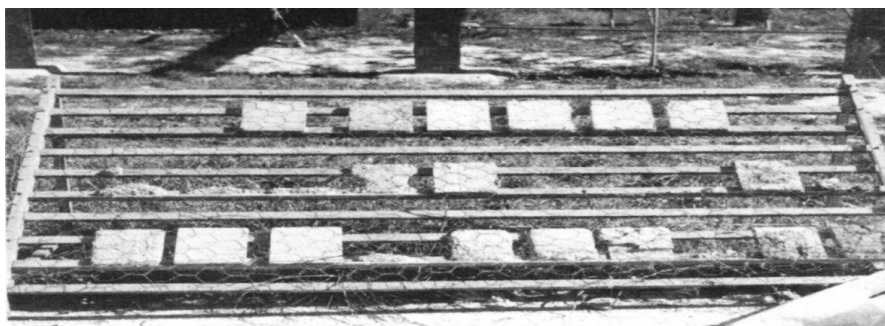


FIG. 4.28

TABLA 4.15
CLAVE DE SÍMBOLOS

TOMA DE DATOS	BALDOSA									
	1.1	3.1	2.5	3.5	2.6	3.6	3.7	2.7	3.2	
23.12.85	Δ	Δ	—	—	—	—	—	—	—	
30.12.85	*	*	—	—	—	—	—	—	+	
07.01.86			—	—	—	—	—	—	Δ	
13.01.86			—	—	—	—	—	+	□	
20.01.86			—	—	—	—	+	+	□	
27.01.86			—	—	—	—	+	+	□	
03.02.86			—	—	—	—	+	+	□	
10.02.86			—	—	—	—	+	+	□	
17.02.86			—	—	—	—	+	+	○	
24.02.86			—	—	—	—	+	+	○	
03.03.86			—	—	—	—	+	+	○	
10.03.86			—	—	—	—	+	+	○	
17.03.86			—	—	—	+	+	+	○	
	3.3	3.4	2.2	2.3	2.4	2.11	3.12	3.13	2.12	2.13
23.12.85	+	—	+	+	—	—	—	—	—	—
30.12.85	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+
07.01.86	Δ	Δ	Δ	+	—	—	Δ	Δ	+	Δ
13.01.86	□	Δ	□	Δ	Δ	+	Δ	□	Δ	□
20.01.86	□	Δ	□	Δ	Δ	+	Δ	○	Δ	□
27.01.86	□	Δ	□	Δ	Δ	+	Δ	○	Δ	□
03.02.86	□	Δ	□	Δ	Δ	+	Δ	○	Δ	□
10.02.86	□	Δ	□	Δ	Δ	+	Δ	○	Δ	□
17.02.86	○	Δ	□	Δ	Δ	+	□	○	Δ	□
24.02.86	○	Δ	□	Δ	Δ	+	○	○	Δ	□
03.03.86	○	Δ	□	Δ	Δ	+	○	○	Δ	□
10.03.86	○	□	□	Δ	□	+	○	*	Δ	□
17.03.86	○	□	□	Δ	□	+	○	*	Δ	□
	1.5	1.6	1.7	1.2	1.3	1.4	1.11	1.12	1.13	1.14
23.12.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.12.85	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+
07.01.86	—	—	—	Δ	Δ	+	+	Δ	Δ	Δ
13.01.86	—	—	—	□	□	Δ	Δ	□	□	□
20.01.86	—	—	—	□	□	Δ	Δ	□	□	□
27.01.86	—	—	—	□	□	Δ	Δ	□	□	□
03.02.86	—	—	—	□	□	Δ	Δ	□	□	□
10.02.86	—	—	—	□	□	Δ	Δ	□	□	□
17.02.86	—	—	—	□	□	□	Δ	○	○	○
24.02.86	+	—	—	□	○	□	□	○	○	○
03.03.86	Δ	—	—	□	○	□	□	○	○	○
10.03.86	Δ	—	—	□	○	□	□	○	○	○
17.03.86	Δ	—	—	□	○	□	□	○	○	○
—	SIN ALTERACIÓN			□	GRIETAS					
Δ	FISURAS			+	MICROFISURAS					
○	DERRUMBAMIENTO PARCIAL			*	DERRUMBAMIENTO TOTAL					

4.5

NORMA TECNICA DE EDIFICACIÓN DE ADOBES, NTE E.080 PERÚ, MARZO 2000

Se reproduce a continuación la Norma Técnica de Edificación de Adobes, NTE E.080, de Perú, vigente desde Marzo de 2000.

NORMA E.080

ADOBE

Artículo 1.- ALCANCE

La Norma comprende lo referente al adobe simple o estabilizado como unidad para la construcción de albañilería con este material, así como las características, comportamiento y diseño.

El objetivo del diseño de construcciones de albañilería de adobe es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas.

Esta Norma se orienta a mejorar el actual sistema constructivo con adobe tomando como base la realidad de las construcciones de este tipo, existentes en la costa y sierra.

Los proyectos que se elaboren con alcances y bases distintos a los considerados en esta Norma, deberán estar respaldados con un estudio técnico.

Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES

2.1. El proyecto arquitectónico de edificaciones de adobe deberá adecuarse a los requisitos que se señalan en la presente Norma.

2.2. Las construcciones de adobe simple y adobe estabilizado serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico.

2.3. Las construcciones de adobe se limitarán a un solo piso en la zona sísmica 3 y a dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E.030 Diseño Sismorre-sistente.

Por encima del primer piso de adobe, podrán tenerse estructuras livianas tales como las de quinchá o similares.

2.4. No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones, cauces de avalanchas, aluviones o huaycos o suelos con inestabilidad geológica.

2.5. Dependiendo de la esbeltez de los muros, se deberá incluir la colocación de refuerzos que mejoren el comportamiento integral de la estructura.

Artículo 3.- DEFINICIONES

3.1. Adobe

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

3.2. Adobe Estabilizado

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.

3.3. Mortero

Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

3.4. Arriostre

Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal.

3.5. Altura Libre de Muro

Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales.

3.6. Largo Efectivo

Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.

3.7. Esbeltez

Relación entre la altura libre del muro y su espesor.

3.8. Muro Arriostrado

Es un muro cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales.

3.9. Extremo Libre de Muro

Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro.

3.10. Vigas Collar o Soleras

Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Ade-cuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal (Ver Artículo 6 (6.3)).

3.11. Contrafuerte

Es un arriostre vertical construido con este único fin.

Artículo 4.- UNIDAD O BLOQUE DE ADOBE

4.1. Requisitos Generales

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: **arcilla** 10-20%, **limo** 15-25% y **arena** 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

4.2. Formas y Dimensiones

Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.

Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

- Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.
- La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.
- En los posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

4.3. Recomendaciones para su Elaboración

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños.

Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.

Secar los adobes bajo sombra.

Artículo 5.- COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

5.1. Comportamiento Sísmico de las Construcciones de Adobe

Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano.

Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.

Las construcciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración:

- Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.
- Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.
- Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.
- Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.

5.2. Fuerzas Sísmicas Horizontales

La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se determinará con la siguiente expresión:

$$H = S U C P$$

Donde:

S: Factor de suelo (indicado en la Tabla 1),

U: Factor de uso (indicados en la Tabla 2),

C: Coeficiente sísmico (indicado en la Tabla 3) y

P: Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

TABLA 1

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $\geq 8 \text{ Kg/cm}^2$	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $\geq 4 \text{ Kg/cm}^2$	1,2

TABLA 2

Tipo de las Edificaciones	Factor U
Colegios, Postas Médicas, Locales Comunes, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes	1,0

5.3. Comportamiento del Adobe Frente a Cargas Verticales

Usualmente la resistencia de la albañilería a cargas verticales no presenta problemas para soportar la carga de uno o dos pisos. Se debe mencionar sin embargo que los elementos que conforman los entrepisos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o solera.

TABLA 3

Zonas Sísmica	Coefficiente Sísmico C
3	0,20
2	0,15
1	0,10

ZONAS SÍSMICAS*
FIGURA 1



5.4. Protección de las Construcciones de Adobe

La humedad y la erosión producidas en los muros, son principales causantes del deterioro de las construcciones de tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad
- Cimientos y sobrecimientos que eviten el contacto del muro con el suelo
- Veredas perimetrales
- Aleros
- Sistemas de drenaje adecuados

Artículo 6.- SISTEMA ESTRUCTURAL

El sistema estructural de las construcciones de adobe estará compuesto de:

- a) Cimentación
- b) Muros
- c) Elementos de arrioste horizontal
- d) Elementos de arrioste vertical
- e) Entrepiso y techo
- f) Refuerzos

6.1. Cimentación

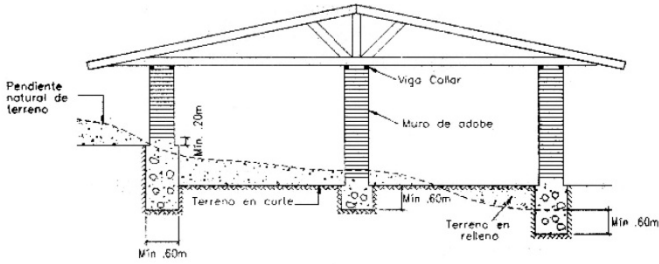
a) No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos ni en arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones, cauces de avalanchas, aluviones o huaycos, o suelos con inestabilidad geológica.

b) La cimentación deberá transmitir la carga de los muros al terreno de acuerdo a su esfuerzo permisible y tendrá una profundidad mínima de 60 cm medida a partir del terreno natural y un ancho mínimo de 40 cm.

c) Los cimientos para los muros deberán ser concreto ciclópeo o albañilería de piedra. En zonas no lluviosas de comprobada regularidad e imposibilidad de inundación, se permitirá el uso de mortero Tipo II para unir la mampostería de piedra (Ver Artículo 7 (7.2)).

d) El sobrecimiento deberá ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra asentada con mortero Tipo I (Ver Artículo 7 (7.11)), y tendrá una altura tal que sobresalga como mínimo 20 cm sobre el nivel del suelo. (Ver Figura 2).

FIGURA 2



6.2. Muros

- Deberá considerarse la estabilidad de todos los muros. Esto se conseguirá controlando la esbeltez y utilizando arriostres o refuerzos.
- Las unidades de adobe deberán estar secas antes de su utilización y se dispondrá en hiladas sucesivas considerando traslape tal como se muestra en las Figuras 3 y 4.
- El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y la longitud máxima del muro entre arriostres verticales será 12 veces el espesor del muro. (Ver Tabla 4)
- En general los vanos deberán estar preferentemente centrados. El borde vertical no arriostreado de puertas y

ventanas deberá ser considerado como borde libre.

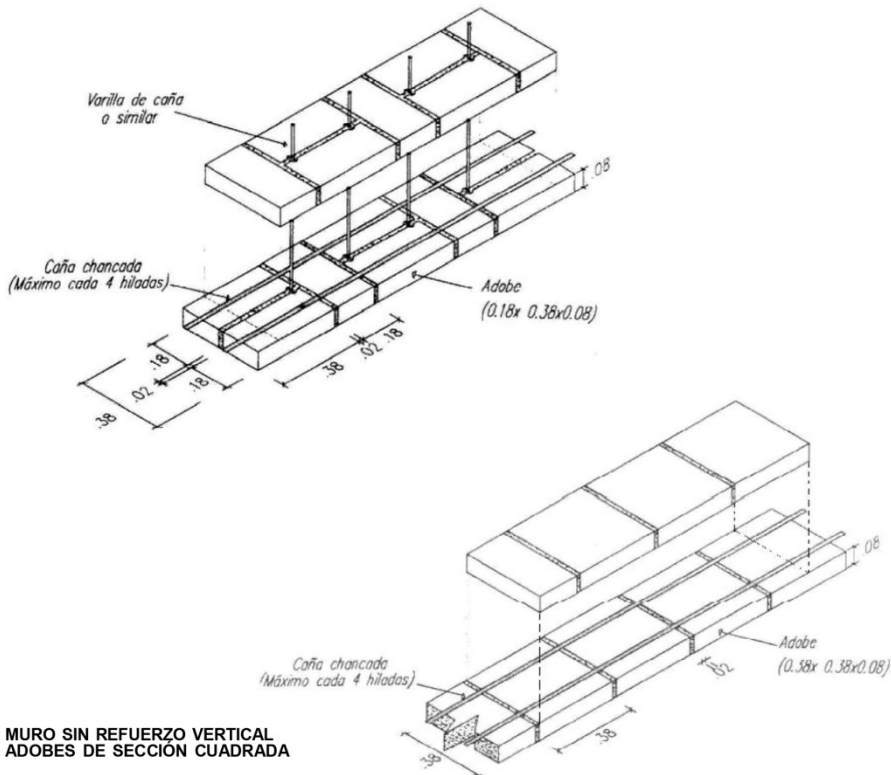
El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro. Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostreado al extremo (Ver Figura N° 5)

e) Como refuerzo se podrá utilizar cualquier material de los especificados en la Artículo 6 (6.4).

f) Los muros deberán ser diseñados para garantizar su resistencia, según lo especificado en la Artículo 8.

g) En caso de muros cuyos encuentros sean diferentes a 90° se diseñarán bloques especiales detallándose los encuentros.

FIGURA 3
MURO REFORZADO CON CAÑA O SIMILAR VERTICAL Y HORIZONTAL



MURO SIN REFUERZO VERTICAL
ADOBES DE SECCIÓN CUADRADA

FIGURA 4
TIPOS AMARRE EN ENCUENTROS DE MUROS DE ADOBE CON O SIN REFUERZO

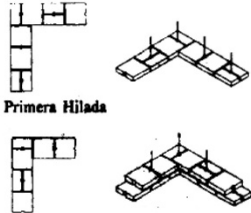
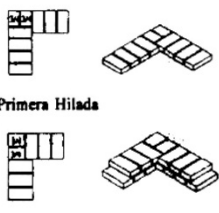
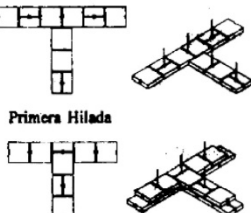
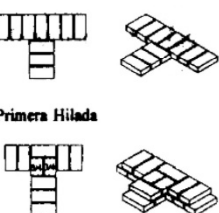
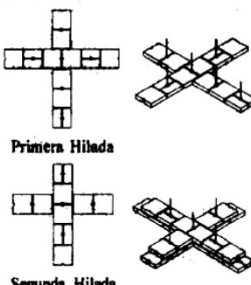
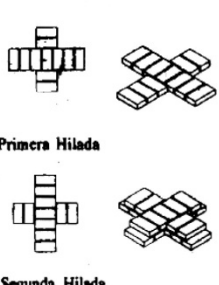
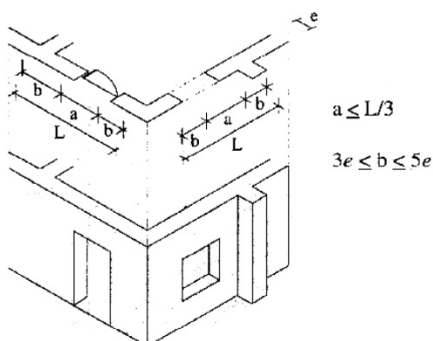
Tipo de encuentro	Muros Reforzados	Muros no Reforzados
En L	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>
	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>
En X	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>	 <p>Primera Hilada</p> <p>Segunda Hilada</p>

FIGURA 5



6.3. Elementos de Arriestre

a) Para que un muro se considere arriostrado deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriestre, para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos.

b) Los elementos de arriestre serán verticales y horizontales.

c) Los arriostres verticales serán muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados. Tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación.

Para que un muro o contrafuertes se considere como arriestre vertical tendrá una longitud en la base mayor o igual que 3 veces el espesor del muro que se desee arriostrar.

d) Pueden usarse como elementos de arriestre vertical, en lugar de los muros transversales o de los contrafuertes de adobe, refuerzos especiales como son las columnas de concreto armado que se detallan en la Sección 6.4, refuerzos especiales.

e) Los arriostres horizontales son elementos o conjunto de elementos que poseen una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros.

Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los denominados viga collar o solera. Estas pueden ser de madera o en casos especiales de concreto madera. (Ver Artículo 6 (6.4)).

f) Los elementos de arriostre horizontal se diseñarán como apoyos del muro arriostado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

g) Se deberá garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deberán conformar un sistema continuo e integrado.

6.4. Refuerzos Especiales

De acuerdo a la esbeltez de los muros que se indican en la Tabla 4, se requieren refuerzos especiales. Estos tienen como objetivo mejorar la conexión en los encuentros de muros o aumentar la ductilidad de los muros. Dentro de los refuerzos especiales más usados se tienen caña, madera o similares, malla de alambre y columnas de concreto armado.

Se detallarán especialmente los anclajes y empalmes de los refuerzos para garantizar su comportamiento eficaz.

TABLA 4

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor min. Muro (m)	Altura min. Muro (m)
$\lambda \leq 6$	Solera	0,4 – 0,5	2,4 – 3,0
$6 < \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 – 0,5	2,4 – 4,0
$8 < \lambda \leq 9$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

En casos especiales λ podrá ser mayor de 9 pero menor de 12, siempre y cuando se respalde con un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la estabilidad de la estructura.

a) Caña madera o similares

Estos refuerzos serán tiras, colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas (máximo cada 4 hiladas) y estarán unidas entre sí mediante amarres adecuados en los encuentros y esquinas. Podrán usarse en los encuentros y esquineros de los muros o en toda la longitud de los muros, dependiendo de lo indicado en la Tabla 4.

En el caso de que se utilicen unidades cuya altura sea mayor de 10 cm, las tiras de caña tendrán un espaciamiento máximo de 40 cm.

Las tiras de caña o similares se colocarán necesariamente coincidentes con el nivel superior o inferior de todos los vanos.

Se colocarán cañas o elementos de características similares como refuerzos verticales, ya sea en un plano central entre unidades de adobe (Ver Figura 3), o en alvéolos de mínimo 5 cm de diámetro dejados en los adobes (Ver Figura 3).

En ambos casos se rellenarán los vacíos con mortero.

En esfuerzo vertical deberá estar anclado a la cimentación y fijado a la solera superior. Se usará caña madura y seca o elementos rectos y secos de eucalipto u otros similares.

Se podrá usar madera en dinteles de vanos y vigas soleras sobre los muros.

La viga solera se anclará adecuadamente al muro y al dintel si lo hubiese.

b) Malla de alambre

Se puede usar como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro y anclado adecuadamente a él. Deberá estar protegido por una capa de mortero de cemento – arena de 4 cm aproximadamente.

La colocación de la malla puede hacerse en una o dos caras del muro, en cuyo caso se unirá ambas capas mediante elementos de conexión a través del muro. Su uso es eficiente en las esquinas asegurado un traslape adecuado.

c) Columnas y vigas de concreto armado

La utilización de columnas de concreto armado como confinamiento de muros de adobe debe utilizarse en casos en que el espesor del muro no exceda los 25 cm y se utilice para unir los adobes un mortero que contenga cemento para poder anclar alambre de $\frac{1}{8}$ cada tres hiladas

con la finalidad de conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos entre el muro y la columna.

La utilización de vigas soleras de concreto armado tiene como objetivo contribuir a formar un diagrama rígido en el nivel en que se construya, puede ser colocado en varios niveles formando anillos cerrados, pero principalmente debe colocarse en la parte superior. Se puede combinar con elementos de refuerzo verticales como cañas o columnas de concreto armado.

De acuerdo al espesor de los muros, se deberá colocar el refuerzo que se indica en la Tabla 4.

En casos especiales se podrá considerar espesores de muro de 20 – 25 cm, siempre que se respalde por un estudio técnico que considere refuerzos verticales y horizontales.

6.5. Techos

a) Los techos deberán en lo posible ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros; además, deberán estar adecuadamente fijados a éstos a través de la viga solera.

b) Los techos deberán ser diseñados de tal manera que no produzcan en los muros, empujes laterales que provengan de las cargas gravitacionales.

c) En general, los techos livianos no pueden considerarse como diafragmas rígidos y por tanto no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros. La distribución de las fuerzas de sismo se hará por zonas de influencia sobre cada muro longitudinal, considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de las masas de los muros transversales y la del techo.

d) En el caso de utilizar tijerales, el sistema estructural del techado deberá garantizar la estabilidad lateral de los tijerales.

e) En los techos de las construcciones se deberá considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, asilamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.

Artículo 7.- MORTEROS

Los morteros se clasificarán en dos grupos:

a) **Tipo I** (en base a tierra con algún aglomerante como cemento, cal, asfalto, etc.).

b) **Tipo II** (en base a tierra con paja).

Se considera que las juntas de la albañilería constituyen las zonas críticas, en consecuencia ellas deberán contener un mortero del tipo I ó II de buena calidad.

7.1. Mortero Tipo I

Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto.

Deberá utilizarse la cantidad de agua que permita una adecuada trabajabilidad.

Las proporciones dependen de las características granulométricas de los agregados y de las características específicas de otros componentes que puedan emplearse.

7.2. Mortero Tipo II

La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas.

Deberá emplearse la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2 cm y deberán ser llenadas completamente.

Artículo 8.- ESFUERZOS ADMISIBLES

Los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño considerarán la variabilidad de los materiales a usarse.

Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos

● Resistencia a la compresión de la unidad:

$$f_c = 12 \text{ kg/cm}^2$$

● Resistencia a la compresión de la albañilería:

$$f_m = 0,2 f_c \text{ ó } 2 \text{ kg/cm}^2$$

●Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$$1,25 f_m$$

●Resistencia al corte de la albañilería:

$$V_m = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

8.1. Resistencia a la Compresión de la Unidad

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última (f_c) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_c mínimo aceptable de 12 kg/cm².

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

8.2. Resistencia a la Compresión de la Albañilería

La resistencia a la compresión de la albañilería podrá determinarse por:

a) Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra.

Las pilas estarán compuestas por el número entero de adobes necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura / espesor) del orden de aproximadamente tres (3), debiéndose tener especial cuidado en mantener su verticalidad.

El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 6.

El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).

Mediante estos ensayos se obtiene el esfuerzo último f_m en compresión de la pila, considerándose aquel valor que sobrepasa en 2 de la 3 pilas ensayadas.

Es esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0,25 f_m'$$

Donde:

f_m' = esfuerzo de compresión último de la pila

b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$$

8.3. Esfuerzo Admisible de Compresión por Aplastamiento

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será: $1,25 f_m$

8.4 Resistencia al Corte de la Albañilería

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

a) Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.

La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 7.

Se ensayarán un mínimo de tres (3) especímenes.

El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0,4 f_t'$$

Donde:

f_t' = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$V_m = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

Artículo 9.- DISEÑO DE MUROS

9.1. Diseño de Muros Longitudinales

La aplicación de la resistencia V_m se efectuará sobre el área transversal crítica de cada muro, descontando vanos si fuera el caso.

FIGURA 6
ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

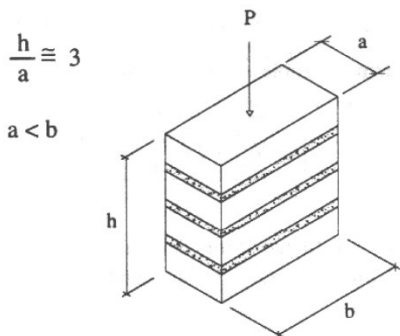
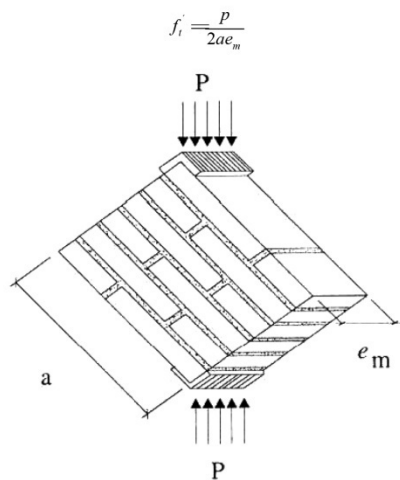


FIGURA 7
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL



ANEXO

ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Las zonas sísmicas en que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1. A continuación se especifican las provincias de cada zona.

Zona 1

1. Departamento de Loreto. Provincias de Ramón Castilla, Maynas, y Requena.
2. Departamento de Ucayali. Provincia de Purús.
3. Departamento de Madre de Dios. Provincia de Tahuamanu.

Zona 2

1. Departamento de Loreto. Provincias de Loreto, Alto Amazonas y Ucayali.

2. Departamento de Amazonas. Todas las provincias.
3. Departamento de San Martín. Todas las provincias.
4. Departamento de Huánuco. Todas las provincias.
5. Departamento de Ucayali. Provincias de Coronel Por-tillo, Atalaya y Padre Abad.
6. Departamento de Cerro de Pasco. Todas las provin-
cias.
7. Departamento de Junín. Todas las provincias.
8. Departamento de Huancavelica. Provincias de Aco-
bamba, Angaraes, Churcampa, Tayacaja y Huancavelica.
9. Departamento de Ayacucho. Provincias de Sucre,
Huamanga, Huanta y Vilcashuaman.
10. Departamento de Apurímac. Todas las provincias.
11. Departamento de Cusco. Todas las provincias.
12. Departamento de Madre de Dios. Provincias de
Tambopata y Manú.
13. Departamento de Puno. Todas las provincias.

Zona 3

1. Departamento de Tumbes. Todas las provincias.
2. Departamento de Piura. Todas las provincias.
3. Departamento de Cajamarca. Todas las provincias.
4. Departamento de Lambayeque. Todas las provin-
cias.
5. Departamento de La Libertad. Todas las provincias.
6. Departamento de Ancash. Todas las provincias.
7. Departamento de Lima. Todas las provincias.
8. Provincia Constitucional del Callao.
9. Departamento de Ica. Todas las provincias.
10. Departamento de Huancavelica. Provincias de Cas-
trovirreyña y Huaytará.
11. Departamento de Ayacucho. Provincias de Canga-
llo, Huanca Sancos, Lucanas, Víctor Fajardo, Parinaco-
chas y Paucar del Sara Sara.
12. Departamento de Arequipa. Todas las provincias.
13. Departamento de Moquegua. Todas las provincias.
14. Departamento de Tacna. Todas las provincias.

4.6

EL HORMIGÓN: SU UTILIZACIÓN EN VIVIENDAS DE BAJO COSTE (VMBC)

Ventajas y desventajas del hormigón vivienda de muy bajo costo (VMBC)

Una de las mayores ventajas del hormigón como material para VBC radica en su durabilidad. Respecto a otros materiales también empleados en la construcción de viviendas, requiere un mantenimiento mínimo. No facilita el crecimiento o proliferación de parásitos o microorganismos, lo cual contribuye a las condiciones de salubridad de la vivienda en climas agresivos. Posee buena inercia térmica, lo cual hace que el ambiente dentro de la vivienda sea más o menos constante.

Estructuralmente, armado con el refuerzo adecuado, permite conformar elementos de dimensiones importantes. Si bien existen materiales de mejor comportamiento sísmico, debidamente diseñado presenta un comportamiento adecuado, especialmente si nos referimos a las modestas estructuras usuales en las viviendas de las que nos ocupamos en este texto.

Su mayor desventaja, por lo menos aparente, frente a otros materiales empleados en VBC puede ser su costo, que en determinadas ocasiones no lo hace competitivo con otros materiales. Estrechamente ligado con este factor, está la no siempre disponibilidad de sus componentes en todas las zonas, especialmente el cemento, cuyo transporte aumenta los costos.

CEMENTOS

En general, suelen emplearse dos tipos de cemento para hacer hormigón: el portland normal y el portland adicionado. La tecnología mundial en la producción de cementos ha ido derivando hacia el adicionado, tanto por razones de costo como de comportamiento.

Cemento portland normal

Entre los cementos portland más utilizables se suelen presentar los siguientes cinco tipos:

1. Normal
2. Moderado calor de hidratación
3. Alta resistencia inicial

4. Bajo calor de hidratación

5. Resistente a los sulfatos

La mayor producción corresponde al tipo I y es, en términos prácticos, el de mayor disponibilidad. No requiere especiales cuidados para la confección y manejo de mezclas hechas con este tipo de cemento y es el mas conocido por los constructores. El tipo III suele emplearse cuando se requiere una rápida puesta en servicio, como es el caso de las plantas de prefabricación para un uso intenso de moldes. Desde el punto de vista construcción de viviendas, salvo el mencionado caso de la prefabricación, no resulta muy aconsejable su uso, puesto que presenta altos valores de calor de hidratación (por su contenido en aluminato tricálcico). Este aspecto lo hace indeseable en la construcción de viviendas, que emplean generalmente paneles o elementos planos con una alta relación superficie/volumen, lo que facilita una alta evaporación y la consecuente mayor tendencia a la fisuración, que sumado a ese mayor desprendimiento de calor, exigirá un curado más cuidadoso para disminuir la posibilidad de agrietamiento.

El empleo del cemento tipo V puede ser deseable en ambientes con alto contenido de sulfatos, pero la tendencia actual es el enfrentar este problema con hormigones muy impermeables, obtenidos con bajas relaciones agua/cemento (a/c), altas dosis de aditivos plastificantes y eventualmente empleo de adiciones (v.g. microsilíce); además, su alto costo y dificultad de consecución en muchos casos no lo hacen recomendable para viviendas de interés social (RODRIGUEZ C. A., 1988).

Las normas para cementos de los diferentes países exigen el cumplimiento de unos requisitos mínimos de resistencia a compresión (usualmente determinados a 28 días, en cubos de mortero normalizado), tiempos de fraguado, finura, expansión de mortero y calor de hidratación; además de determinación de valores de otras propiedades físicas (densidad, falso fraguado, consistencia normal, etc.).

La resistencia a compresión es uno de los parámetros más importantes. Es imprescindible establecer la dosificación de la mezcla con la marca de cemento que se empleará en el taller o planta de producción y si ésta cambia, deberá determinarse una nueva dosificación, ya que no es válida la creencia, muy extendida en el medio, que entiende que si se cambia la marca de cemento manteniendo el tipo, se mantendrá la resistencia. Es uno de los factores que más afecta la variabilidad de resultados de resistencia de las mezclas.

La forma de almacenamiento y edad del cemento empleado son otros aspectos a tratar cuidadosamente. Las condiciones de almacenamiento deben ser apropiadas, favoreciendo los ambientes secos y la amplia circulación del aire, evitando los factores que propicien la condensación de humedad. El cemento suministrado en bolsas o sacos es especialmente vulnerable al mal almacenamiento y debe colocarse siempre bajo techo, sobre plataformas que lo aíslen del suelo y con corredores que permitan la circulación del aire. Se recomienda no apilarlos en alturas mayores a 10 sacos y empleando un sistema de almacenaje tal que el cemento sea usado en la misma secuencia en que ha sido almacenado. En general, no es recomendable usar cemento que

presente grumos (volúmenes grandes de granos parcialmente adheridos) y mucho menos cuando ha endurecido.

Cemento portland adicionado

Los cementos adicionados son materiales que incorporan adiciones (originalmente *puzolanas*) y que presentan tres grandes ventajas:

1. Disminución de costos de producción. Usualmente se adicionan subproductos industriales de muy bajo costo (v.g. cenizas volantes de termoeléctricas, escoria de alto horno, ceniza de cascarilla de arroz, etc.). Además, disminuyen el consumo de combustible en la producción.
2. Mejora las propiedades del hormigón. En términos generales aumentan su durabilidad (especialmente mayor impermeabilidad) y sus resistencias a largo plazo (usualmente más de 28 días), disminuyen el calor de hidratación del cemento y la tendencia a la segregación y exudación de la mezcla.
3. Son materiales ecológicos ya que incorporan sustancias que en su mayoría resultan contaminantes en su estado natural.

Como desventaja muestran una velocidad del aumento de resistencia más lenta (puesto que deben esperar a que sea liberado, por la hidratación del clinker, el hidróxido de calcio para reaccionar químicamente con él y formar nuevos compuestos cementantes) y necesitan una mayor exigencia en la calidad del curado en los hormigones que utilizan esta clase de cemento.

Su empleo puede resultar muy apropiado para determinados usos y circunstancias, puesto que permite incorporar subproductos industriales o agrícolas en grandes cantidades y con precios bajos, logrando disminuir el precio del cemento en la medida en que aumenta la cantidad de adición incorporada, hasta los límites impuestos por las resistencias requeridas y la velocidad de ganancia de esas resistencias.

Agregados⁵⁸

La importancia de los agregados (áridos) se debe a que constituyen el mayor volumen que conforma el hormigón. Un material correctamente dosificado debe emplear la menor cantidad posible de pasta (cemento más agua) y la mayor de agregado hasta lograr una combinación óptima que cumpla con los requisitos exigidos de resistencia, durabilidad y manejabilidad. Un exceso o defecto en la cantidad de agregados puede producir hormigones muy secos y difíciles de manejar, colocar y compactar, o mezclas muy fluidas, costosas, con alta tendencia a la segregación y a la exudación, y grandes posibilidades de agrietamiento por retracción de secado.

58 Pese a que gramaticalmente agregado y árido no son sinónimos, por la fuerza de la costumbre en no pocos países latinoamericanos, utilizaremos ambas expresiones en forma indistinta al referirnos “al conjunto de cosas homogéneas que constituyen un sólo cuerpo”.

Para hacer un buen hormigón es deseable que los agregados presenten una serie de características. Entre las más importantes se pueden citar:

- **Adecuada granulometría:** Debe existir presencia de todos los tamaños, de tal suerte que los espacios existentes entre las partículas más grandes sean ocupados por las de tamaño inmediatamente inferior, y así sucesivamente, de tal suerte que se minimicen los espacios que deban ser ocupados por la pasta. Esta adecuada granulometría no solo redundará en mayor economía (menor consumo de cemento) sino también en mayor compacidad y consecuentemente mayor resistencia, impermeabilidad, durabilidad y menor retracción. Esto no quiere decir que agregados que incumplan especificaciones granulométricas no puedan producir un hormigón de características aceptables. De hecho, muchas regiones no cuentan con agregados de las mejores características. Ello implica que será necesario el empleo de una mayor cantidad de pasta para suplir estas deficiencias y cumplir con los requisitos de resistencia, manejabilidad y durabilidad, lo cual también supone mayores costos, aumento del calor de hidratación, mayor peligro de fisuración por mayor retracción de secado, necesidad de extremar los cuidados durante la mezcla, el transporte, la colocación y la compactación (existirá una mayor tendencia a la segregación y la exudación) y un proceso de curado más exigente.
- **Bajo contenido de partículas planas y alargadas:** La presencia de este tipo de partículas disminuye la manejabilidad de la mezcla y compromete su durabilidad y resistencia. En el primer caso porque tienen tendencia a fracturarse y en el segundo porque forman *puentes* bajo los cuales se acumulan bolsas de pasta, parte de cuya agua se evapora creando vacíos o zonas más permeables. En el caso de las construcciones sociales, en las que generalmente se trabaja con secciones delgadas, este aspecto es importante puesto que una partícula puede quedar atrapada entre la armadura y el molde en el momento del vertido, pudiendo entorpecer e incluso impedir el descenso del hormigón en buena parte de la sección, creando las conocidas “coqueras” u “hormigueros”, con efectos negativos en la estética, resistencia y durabilidad del material.
- **Bajo contenido de materia orgánica:** las sustancias orgánicas pueden provenir tanto de los agregados como del agua de mezcla y afecta de manera especial los procesos de fraguado y endurecimiento, disminuyendo la resistencia y manejabilidad de las mezclas.
- **Bajo contenido de finos (material que pasa tamiz 74 μ):** la presencia de partículas muy finas dentro del hormigón, que pueden ser aportadas por los agregados o el agua de mezcla, disminuyen la resistencia al dificultar o incluso impedir la adherencia de los granos de cemento entre sí o con los agregados. Las normas generalmente limitan su contenido a una cantidad que oscila entre el 3% y 5% del peso de agregados.
- **Textura superficial apropiada:** usualmente, la falla en los hormigones de resistencias normales, los más empleados en construcción de vivienda, ocurre por una pérdida de adherencia entre agregados y pasta. Resulta entonces fundamental contar con agregados que proporcionen buena adherencia con la pasta, especialmente los agregados con textura rugosa y

aristas vivas. Un agregado demasiado pulido (v.g. algunos cantos rodados) a pesar de que la roca matriz puede presentar resistencias muy elevadas, no producirá un hormigón de buena resistencia.

- **Forma adecuada:** la compacidad de una mezcla, y consecuentemente su resistencia, durabilidad y economía, depende en gran medida del patrón de acomodamiento de las partículas de agregado y este a su vez de la forma de esas partículas. Las formas esféricas producen un mejor acomodamiento y manejabilidad que las prismáticas, y éstas mucho más que las planas y alargadas.
- **Resistencia a la abrasión:** existe cierto tipo de obras, y las viviendas de bajo costo no son la excepción, sometidas a grandes acciones abrasivas, bien por acción del viento a gran velocidad que arrastra partículas, por lluvias fuertes y permanentes, por agua que arrastra cantidades importantes de partículas, por acciones mecánicas como la acción repetida de ruedas de vehículos, etc. En estos casos es necesario que los agregados presenten una buena resistencia a la abrasión, puesto que en caso contrario se vería comprometida la durabilidad del material.

Agua de mezcla o de amasado

En general puede afirmarse que el agua potable es apta para hacer hormigón. Caso de no existir agua potable disponible debe emplearse agua que no presente cantidades elevadas de sustancias que puedan resultar nocivas para la mezcla. Entre las más indeseables pueden citarse las que se recogen en forma de Tabla 4.16.

Aditivos

Son sustancias que generalmente se incorporan al hormigón en el momento de la mezcla y cuyo fin es mejorar algunas características del mismo, tales como manejabilidad, tiempos de fraguado o impermeabilidad (ARDILA C., 1991). Su empleo es cada vez más frecuente en la tecnología del hormigón y en la confección de cierto tipo de elementos su uso puede resultar indispensable. Entre los más usados en la fabricación de hormigón para vivienda pueden citarse los que se enumeran en la Tabla 4.17.

TABLA 4.16
CONTENIDOS INDESEABLES DEL AGUA DE MEZCLA PARA HORMIGONES

CONTENIDOS	EFFECTOS
Materia orgánica:	Su efecto ya fue mencionado cuando se habló de agregados. Afecta en forma de disminución de manejabilidad, resistencias y tiempos de endurecimiento. Es una de las sustancias más probables de encontrar en aguas no tratadas.
Cloruros:	Su acción afecta más al acero de refuerzo que al hormigón, facilitando en aquél los procesos de corrosión. En el mortero y hormigón su acción acelera los tiempos de fraguado y endurecimiento, pero no suele comprometer las resistencias finales.
Sulfatos:	Su acción se centra sobre el cemento y los compuestos de éste especialmente sobre el aluminato tricálcico, formando la ettringita (sulfoaluminato de calcio), compuesto que genera expansiones en la pasta, pudiendo comprometer la resistencia y durabilidad del hormigón. Existe alta probabilidad de presencia de sulfatos en agua proveniente de pozos, puesto que los acuíferos que los alimentan pueden estar contaminados por materias tan usuales como abonos orgánicos, materias fecales, descomposición aeróbica de plantas o presencia de factorías que almacenen carbón o escorias.
Carbonatos y bicarbonatos:	Pueden acelerar o retardar los tiempos de fraguado pero altas concentraciones pueden disminuir la resistencia. Se recomienda efectuar pruebas de tiempo de fraguado y resistencia cuando la suma de las sales disueltas supere las 1.000 partes por millón (p.p.m).
Aguas ácidas:	Los ácidos atacan especialmente al cemento y destruyen el poder aglomerante de la pasta. La aceptación debe estar basada más en la concentración de ácidos que en su pH. Se recomienda aceptar aguas cuyo contenido de ácidos inorgánicos (v.g. clorhídrico, sulfúrico) no sobrepase las 10.000 p.p.m. y evitar las aguas con un pH inferior a 3, o su neutralización previa con cal.
Aguas alcalinas:	Aguas conteniendo hidróxido de sodio en concentraciones superiores al 0.5%, o hidróxido de potasio en concentraciones superiores al 1.2 % en peso del cemento pueden reducir significativamente la resistencia.
Azúcares:	En pequeñas cantidades (hasta 0.15 % en peso del cemento) retardan los tiempos de fraguado; en cantidades altas (más del 0.2% en peso del cemento) aceleran los tiempos de fraguado y pueden disminuir de manera apreciable la resistencia.
Aceites y algas:	Disminuyen en forma apreciable la resistencia, al disminuir la adherencia entre pasta y agregado. Los aceites mejoran la manejabilidad y las algas aumentan la cantidad de aire atrapado, el cual es indeseable por la disminución de resistencia e impermeabilidad que provoca.
Agua de mar:	Contiene sales que afectan la manejabilidad, resistencia y durabilidad. Los hormigones hechos con agua de mar presentan resistencias iniciales más elevadas que los realizados con agua normal. Se considera que agua de mar conteniendo menos de 35.000 p.p.m de sales disueltas no presentan problemas para hacer hormigón sin armaduras. El problema radica en el acero de refuerzo, cuya corrosión se ve facilitada por la presencia de los cloruros. Se puede hacer hormigón empleando una relación A/c menor de 0.45, un curado excelente y con recubrimientos del acero de refuerzo no inferiores a 7.5 cms. No se permite su empleo en elementos pretensados, por su gran sensibilidad a la corrosión bajo tensión.

Tabla: G. Gómez

TABLA 4.17
ADITIVOS MÁS USUALES Y CARACTERÍSTICAS

TIPO DE ADITIVO	CARACTERÍSTICAS
Plastificantes o superplastificantes reductores de agua:	Aumentan de manera apreciable la manejabilidad al lograr una repulsión temporal entre los granos de cemento. Esta acción se puede emplear en dos sentidos. Con el uso de la misma cantidad de agua y de cemento (misma resistencia), se puede aumentar la fluidez de la mezcla y consecuentemente su facilidad de colocación; manteniendo el asentamiento se puede disminuir la cantidad de agua y consecuentemente la relación A/c logrando aumentos en la resistencia e impermeabilidad del material. No es muy recomendable su empleo como reductores de cemento (por reducción del agua y mantenimiento de la relación a/c). El uso de este tipo de aditivos puede ser recomendable en los elementos laminares utilizados en algunos sistemas industrializados de vivienda.
Acelerantes:	Suelen ser empleados en industrias de prefabricados, donde es necesaria la reutilización rápida de moldes. Los acelerantes a base de cloruros, tienen el inconveniente de facilitar la corrosión de las armaduras y de las conducciones metálicas en el caso de estar embebidas en el hormigón. Adicionalmente, hormigones preparados con este tipo de aditivos pueden presentar menores resistencias a largo plazo y mayor retracción de secado.
Retardantes:	Empleados en hormigones donde se prevea demoras en su transporte o colocación o en zonas con climas cálidos (mayor velocidad de endurecimiento por mayor tasa de pérdida de agua), generalmente proporcionan menores resistencias a corto plazo, pero mayores a largo plazo.
Incorporadores de aire:	Introducen cierta cantidad de burbujas de pequeño diámetro que se reparten uniformemente dentro del material. Estas burbujas taponan los capilares, con lo cual se obtiene un doble efecto: dificultan la pérdida del agua de mezcla y dificultan la penetración del agua del exterior, cargada de sustancias indeseables, con lo cual se mejora de manera notable la impermeabilidad y durabilidad. Este aumento de la impermeabilidad puede ser altamente deseable en las viviendas.

Tabla: J. G. Gómez.

Dosificación

Son muy numerosos los métodos de dosificación de mezclas de hormigón, desde muy sencillos hasta sofisticados, no existiendo un procedimiento universal. Todos emplean ábacos o tablas obtenidos en forma empírica, calibrando expresiones deducidas con datos obtenidos en laboratorio y, consecuentemente, su campo de aplicación abarca aquellos materiales con los cuales fueron obtenidos, con las limitaciones que ello supone. Además, cualquier procedimiento de diseño, por la alta variabilidad del material en cuanto a componentes y procedimiento de puesta en obra, sólo es una primera aproximación a la dosificación correcta, usualmente evaluada por la resistencia a compresión obtenida a una edad determinada en probetas normalizadas. Cualquier dosificación, independientemente del sistema empleado, debe ser comprobada en laboratorio y en obra, realizando mezclas de prueba, verificando el cumplimiento de requisitos de manejabilidad, resistencia y, de ser posible, durabilidad. Se aconseja realizar mezclas con relación A/c

determinada y otros dos valores, uno superior y otro inferior, con el fin de poder interpolar el valor exacto para la resistencia o demás atributos deseados.

Para realizar la dosificación deben ser conocidos ciertos datos básicos: ambiente de la obra (que en algunos casos fijará la relación A/c máxima compatible con requisitos de durabilidad), resistencia real requerida (resistencia de diseño de la mezcla, que será superior a la especificada en un valor que dependerá de la dispersión de resultados de resistencia a compresión obtenidos en obras de características similares), grado de manejabilidad requerido (dependiente del tipo de elemento, cantidad de refuerzo y equipo de colocación y compactación entre otros), propiedades físicas de los agregados (densidad, granulometría, absorción, contenido de humedad, tamaño máximo, textura superficial, forma, etc.), propiedades del cemento (densidad, tipo, finura, etc.), empleo o no de aditivos, cantidad estimada de aire atrapado, etc.

No es recomendable para ningún tipo de obra, incluida la construcción de VBC, la dosificación por volumen, puesto que lleva a variaciones apreciables, siendo preferible en todos los casos la dosificación por peso. Especial cuidado se debe dar a la dosificación del agua, que en ningún caso debe ser confiada a personal inexperto, pues lleva a enormes variaciones en la resistencia, manejabilidad y durabilidad del material. En caso de ser necesario por requisitos de manejabilidad el empleo de una mayor cantidad de agua a la establecida, es necesario aumentar consecuentemente el contenido de cemento, con el fin de mantener constante la relación A/c.

Mezcla, transporte, colocación y compactación

Los equipos empleados en la mezcla deben garantizar una completa homogeneidad. Aun para obras pequeñas, es preferible el empleo de mezcladoras antes que el mezclado manual. Éstas deben ser operadas a velocidades cercanas a las de diseño y no deben ser sobrecargadas. El tiempo de mezcla debe ser como mínimo de 1 minuto en mezcladoras pequeñas (hasta 1 metro cúbico) y debe aumentarse en 15 segundos por cada metro cúbico, adicional. Una parte del agua debe ser el primer componente introducido y los demás componentes se deben cargar mientras está en operación la mezcladora, agregando al final el agua restante. El tiempo de mezcla se determina a partir del momento en que se termina de introducir el último componente. Si se emplea aditivo, salvo instrucciones contrarias del fabricante, debe incorporarse al agua de mezcla y nunca en forma aislada. Solamente se debe mezclar la cantidad de material que sea factible de colocar y compactar en un tiempo compatible con los de fraguado de la mezcla.

- **El transporte** de la mezcla debe evitar la segregación, desecamiento y endurecimiento de la misma. Pueden emplearse camiones mezcladores, vehículos con cuba fija, tuberías o bandas transportadoras. No son recomendables distancias excesivas (más de 20 kilómetros) si bien esto lo establece el tipo de mezcla, transporte y condiciones ambientales. Debe evitarse la vibración excesiva durante el transporte por el peligro de

segregación y en caso de ser necesarios recipientes abiertos, deben ser cubiertos para prevenir desecación.

- **La colocación** del material debe efectuarse evitando caídas bruscas o desde altura excesiva, con el fin de evitar la segregación y formación de *hormigueros* o coqueras (espacios vacíos dentro de la mezcla por pobre compactación o pérdida de pasta), empleando incluso elementos amortiguadores (pantallas), tuberías flexibles ("*trompas de elefante*") u orificios intermedios en las formaletas o moldes (ventanas).
- **La compactación** o consolidación del material es uno de los pasos claves para lograr un buen hormigón y de ella depende en gran medida su impermeabilidad y resistencia. Un incorrecto proceso de compactación puede reducir a la mitad la resistencia del hormigón y aún más su impermeabilidad y, por tanto, su durabilidad. No son recomendables los procedimientos manuales de consolidación (*picado* o *chuzado* con varilla) por su baja eficiencia. Cuanto menor sea la manejabilidad de la mezcla, más intenso y más duradero debe ser el sistema de compactación. Son preferibles los vibradores de moldes a los de inmersión y especialmente en la compactación de paneles prefabricados, ya que su uso acelera en forma notable el proceso de compactación (GÓMEZ J.G., 1990).

Curado

El curado, definido por el American Concrete Institute (ACI) como "el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el hormigón durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen las propiedades deseadas", es de vital importancia para que el hormigón desarrolle las características de resistencia y durabilidad esperadas.

Desafortunadamente, no en todas las obras, y esto comprende el campo de la construcción de vivienda y en especial las de bajo costo, se ha tomado conciencia de la importancia de este procedimiento y en buena medida se despilfarra la calidad potencial del material (baja relación A/c, materiales de apropiada calidad, correcta colocación y compactación) porque se da muy poco o ningún cuidado al tema del curado. Téngase en cuenta que no sólo afecta el valor de las resistencias obtenidas (un curado nulo o pobre puede reducirlas a la mitad o menos), sino que también afecta en forma muy significativa, los valores de permeabilidad (y por tanto de durabilidad) obtenidos y la ausencia de un buen curado puede llevar a la aparición de importantes fisuras por exceso de retracción de secado.

Básicamente, los sistemas de curado se dividen en tres grandes grupos, contando cada uno con ventajas y desventajas:

1. Métodos que mantienen la presencia permanente de agua en la superficie del hormigón: rociado, inmersión, encharcamiento y cubrimiento con materiales saturados (arena, aserrín, suelo, etc.).

2. Métodos que previenen la pérdida de agua de la mezcla: compuestos curadores que forman membrana, plásticos muy pegados a la superficie del hormigón y cubiertas impermeables (v.g. papel Kraft).
3. Métodos que aceleran el endurecimiento mediante calor y/o humedad: vapor de agua, calentamiento de resistencias inmersas en el hormigón (inclusive barras de armadura) y calentamiento de las formaletas o moldes metálicos.

Control de calidad

Debido a la relativa facilidad del ensayo y a que mide una característica fundamental del hormigón, tradicionalmente su calidad ha sido valorada a través de la resistencia a compresión. No existe consenso sobre el tipo y forma de las probetas de ensayo y mientras unos países aceptan la cilíndrica, otros prefieren la cúbica, encontrando tanto unos como otros ventajas y desventajas en el método adoptado.

Debe tenerse en cuenta que cualquier ensayo, por normalizado que esté, solamente es una aproximación a la resistencia intrínseca real que tendrá el material realmente colocado en obra, dado que en el proceso de ganancia del hormigón intervienen muchos factores, muchos de ellos difícilmente cuantificables y en especial porque los procesos de colocación, compactación y especialmente curado, pueden diferir de forma apreciable entre el hormigón de las probetas y el hormigón realmente colocado en la obra. Esto se refleja también en una dispersión de resultados, que resulta mayor en la medida que los procesos de producción y el nivel de control son menos cuidadosos.

No es usual que en hormigones para vivienda de bajo coste, se especifiquen hormigones de resistencias altas, entre otras cosas por la mayor exigencia en los materiales componentes, no siempre de fácil cumplimiento, y por la necesidad de un nivel más alto de control. En general, no se especifican resistencias superiores a los 250 Mpa (aproximadamente 250 kg/cm²) y usualmente la edad de ensayo especificada es la de 28 días, si bien pueden ser estipuladas resistencias a 3 ó 7 días. Salvo obras muy pequeñas, es deseable efectuar siempre ensayos de resistencia a compresión y realizar un seguimiento y análisis estadístico de los resultados obtenidos, entre otras cosas para efectuar un proceso de retroalimentación y optimizar el diseño de las mezclas.

De cualquier manera el planteamiento e implementación de sistemas de producción y colocación de hormigón, por modesta que sea la obra, deben tener en cuenta de manera muy especial la **regularidad** de las características del material y de los productos terminados. En ese sentido, como ya se ha mencionado, resulta más que recomendable la dosificación por peso de los componentes del hormigón, lo cual implicará el empleo de básculas de capacidad adecuada debidamente calibradas.

Durabilidad

Cada día es mayor la importancia de este aspecto para cualquier material y en especial para los usados en vivienda de bajo coste. Afortunadamente se está superando el concepto de que un hormigón es apropiado si cumple únicamente con las características de resistencia, ahora se tiene en cuenta que el material debe conservar todas sus características, incluida la resistencia, durante un lapso de tiempo adecuado, acorde con la vida útil prevista para la obra.

Básicamente, existen tres mecanismos de ataque al hormigón:

1. Ataque químico: mediante sulfatos, ácidos, álcalis, agua de mar, etc. o combinación de ellos.
2. Ataque físico: por abrasión y/o expansiones.
3. Combinación de los dos anteriores.

No se considera ataque al hormigón, pero en la realidad cobra gran importancia en la durabilidad del producto final, la corrosión de las armaduras inmersas en el material.

El comportamiento del material, desde el punto de vista de la durabilidad, depende básicamente de dos aspectos: medio ambiente exterior y condiciones internas del material. Es claro que, desde un punto de vista práctico, es preferible actuar sobre las condiciones internas del material.

Entre los factores ambientales que influyen en el ataque físico/químico al hormigón se cuentan los recogidos en la Tabla 4.18.

TABLA 4.18.
TIPOS DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ATAQUE FÍSICO/QUÍMICO AL HORMIGÓN

FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Temperatura:	En general, a mayor temperatura, mayor ataque.
Variaciones de humedad:	Especialmente nocivos resultan los ciclos de humedecimiento-secado, pues ayuda a la cristalización y al lavado de sustancias.
Velocidad del agua en contacto con el elemento:	Dependiendo del tipo de agresor puede ser más desfavorable la velocidad lenta o el estancamiento (ataque concentrado) que la velocidad alta (mayor remoción de material deteriorado).
Presión hidráulica diferencial:	Cuanto mayor sea la diferencia de presiones entre los lados de un elemento, mayor será el paso del agente agresor y el arrastre de sustancias de reacción.
Altura de ascenso capilar:	Actúa en forma similar a los ciclos de humedecimiento-secado. En construcción debe lograrse un perfecto aislamiento entre el terreno de soporte y el material de la vivienda.
Acción del oxígeno atmosférico:	La presencia de oxígeno atmosférico facilita la acción de algunos agentes agresivos (v.g. azufre y sulfuros).
Acción de bacterias:	Algunas producen oxidación y dan lugar a sulfatos (aerobias) mientras otras realizan la reducción de sulfatos (anaerobias), transformándolos en sulfuros.

Tabla: J. G. Gómez.

Desde el punto de vista de la composición interna del material, entre los factores reconocidos como más influyentes se tienen:

- **Relación agua/cemento:** es sin duda uno de los factores más influyentes y la mayoría de las normas fija límites máximos a este valor, cuando se prevén problemas de durabilidad. En general, cuando se presenta un ambiente muy agresivo se recomienda no sobrepasar el valor de 0.45. Tanto el empleo de un alto contenido de cemento como de agua facilitan el fenómeno de agrietamiento por retracción de secado. En el primer caso por aumento del calor de hidratación intrínseco al cemento; en el segundo, por mayor cantidad de agua en los capilares que luego se puede evaporar con facilidad, generando tensiones en el material. En este último caso se presenta menor compacidad y por tanto menor resistencia y durabilidad del material.
- **Cantidad de aire incorporado en la mezcla:** la presencia de burbujas de pequeño diámetro, incorporadas a propósito dentro de la mezcla, taponan capilares y dificultan la pérdida del agua de mezcla (con lo cual se logra una mejor hidratación) y la penetración de agua o aire exterior con agentes agresivos. Es uno de los medios más empleados para disminuir la permeabilidad del material. La presencia de aire disminuye levemente la resistencia del hormigón y se debe ser más cuidadoso en los procedimientos de colocación y compactación, para disminuir la pérdida de este aire y en cantidades excesivas su efecto sobre la durabilidad puede ser contraproducente.
- **Forma de compactación:** una mala compactación disminuye en forma radical la impermeabilidad del material y en este sentido es preferible la compactación empleando vibradores, de preferencia sobre las formaletas o moldes, respecto al picado o *chuzado* con varilla o mediante golpes con mazo de caucho.

4.7

SUELO-CEMENTO

El empleo de este material para construcción de viviendas de muy bajo coste en Latinoamérica es amplio e interesante por los bajos costos que tiene su producción (disponibilidad del componente más empleado, es decir, el suelo) y por no requerir mano de obra especializada en su producción. Consiste en una mezcla de suelo, cemento y agua, generalmente con bajos contenidos de cemento y consistencias muy secas.

Prácticamente todos los tipos de suelo pueden ser empleados en la construcción con suelo-cemento, siendo indeseables los suelos orgánicos, arcillosos con alta plasticidad, o arenosos poco reactivos. Por el contrario, son deseables los suelos granulares de grano grueso, especialmente porque pueden ser más fácilmente pulverizados y mezclados, lo que redundaría en menores contenidos de cemento. Se recomienda que el material que pase el tamiz N° 200 no supere el 50% y que el contenido de materia orgánica no supere el 2%.

El contenido de finos en el suelo es el factor más importante de este empleo de la tierra; por ello es necesario conocer bien su plasticidad. Es deseable que la relación *limo/arcilla* sea cercana a la unidad. Los suelos arcillosos presentan gran dificultad en la pulverización, operación de especial importancia en su producción para lograr un material uniforme y de características apropiadas, demandando en consecuencia mayores contenidos de cemento. Además, pueden formar *grumos* de arcilla, que no se deshacen fácilmente durante el mezclado.

En la producción de este "material compuesto" puede emplearse cualquier tipo de cemento, pero por su mayor disponibilidad se prefieren los cementos Tipo I. También pueden emplearse, e incluso ser deseables, los cementos adicionados, en especial porque el empleo de adiciones puede reducir significativamente su costo de producción. No obstante, debe tenerse en cuenta que este tipo de cementos presenta una ganancia más lenta de las resistencias y exige un proceso de curado mucho más cuidadoso.

En este material es de especial importancia el fijar en forma acertada el contenido óptimo de agua, por la gran variación de propiedades, en especial de la compacidad y resistencia, que representa la más pequeña variación de este contenido. Además, al agregar el cemento se cambia de manera notoria el contenido de humedad óptimo para lograr la máxima compacidad. En general, los contenidos óptimos de agua oscilan entre 10% y 13% del peso del suelo-cemento. Dada la amplia gama de suelos que pueden emplearse y la gran variabilidad de otros factores que intervienen, es preferible determinar el contenido de cemento óptimo mediante ensayos de laboratorio, en lugar de emplear procedimientos teóricos o formulaciones ajenas. El criterio general de

diseño es lograr la máxima resistencia a compresión, lo cual se logra generalmente con la máxima compacidad.

Dadas las características del material, en especial el bajo contenido de agua, se producen efectos que pueden llegar a ser nefastos cuando existe una demora significativa entre los procesos de mezcla y compactación, que se traducen en grandes disminuciones de resistencia y de durabilidad. Se recomienda que el lapso entre una y otra operación no supere las dos horas.

El material presenta también una relativa alta retracción de secado, cuando no se ejerce un curado apropiado. El tipo de agrietamiento que puede presentar es diferente según la clase de suelo empleado. Un suelo arcilloso alcanza mayor retracción, pero las grietas que se presentan son más delgadas y menos espaciadas (entre 0.5 y 3.0 metros para mezclas bien dosificadas); un suelo granular presenta menor retracción, pero las grietas son de mayor anchura o espesor y más espaciadas (entre 3.0 y 6.0 metros). En consecuencia, debe realizarse un curado riguroso.

Dependiendo del contenido de cemento, tipo de suelo empleado y grado de compactación, la durabilidad del material puede resultar comprometida. Los suelos con materia orgánica de naturaleza ácida pueden presentar reacciones adversas con el cemento. También los sulfatos pueden afectar el material y las investigaciones han demostrado que resulta más nociva la reacción del sulfato con la arcilla, que la del sulfato con el cemento. Las normas norteamericanas (USACE) recomiendan contenidos de cemento que ocasionen pérdidas de peso en ensayos cíclicos de humedecimiento-secado que no superen el 6% para arcillas y el 8% para materiales granulares, con el fin de garantizar la durabilidad del material.

En la etapa de preparación del suelo, debe procurarse apartar todo el material indeseable, tal como raíces, materia orgánica y agregados de gran tamaño. Debe lograrse una completa mezcla del cemento con el suelo, lo cual implica que éste debe estar seco y perfectamente pulverizado, y la adición del agua debe ser perfectamente uniforme. En lo posible, debe emplearse la mayor energía de compactación posible (pisones de peso adecuado, capas delgadas a compactar, palancas que actúen como multiplicadores de la fuerza aplicada, etc.) y evitar el movimiento de bloques y elementos durante por lo menos las primeras 48 horas. El curado debe aplicarse inmediatamente después de conformar los elementos, procurando emplear aspersión fina y permanente de agua (rociado fino) o cubrimiento con materiales saturados de humedad, durante por lo menos las primeras 48 horas.

Reseña latinoamericana de la utilización de suelo-cemento (CYTED-HABITERRA, 1995)

El Proyecto CYTED "HABITERRA", llevó a cabo una encomiable labor de recuperación y divulgación de esta solución y de sus técnicas de puesta en obra. La exposición gráfica itinerante recogida en forma de libro-catálogo Habiterra (CYTED, 1995)), los seminarios y talleres prácticos realizados así como la utilísima publicación "Arquitecturas de Terra en Iberoamérica" (CYTED, 1994) son algunas de sus aportaciones.

Durante las últimas décadas se han introducido técnicas basadas en el suelo-cemento portland, suelo-cemento romano y mampuesto de roca con suelo-cemento. En Cuba se han desarrollado básicamente dos sistemas: la técnica de bloques de suelo-cemento y los muros realizados *in situ* con este material. La tecnología del suelo-cemento, junto con reducir el coste de construcción ha permitido la reutilización de maquinaria obsoleta existente.

En Brasil, la poderosa ABCP, Asociación Brasileña del Cemento Portland, ha impulsado programas, talleres demostrativos y construcción de prototipos de viviendas a base de muros de suelo-cemento y/o bloques del mismo material. El interés obvio de la ABCP, no es otro que el de fomentar la utilización del cemento en nuevos segmentos de mercado, en este caso, las viviendas de bajo coste. En Colombia, la institución "Minuto de Dios" incorporó entre las viviendas-prototipo que ofrece en sus proyectos un sistema constructivo a base de suelo-cemento. Las características fundamentales del mismo son la resolución de los muros a base de bloques de suelo-cemento producidos mediante máquinas que producen unos resaltes o protuberancias (macho-hembra) resaltes que encajan en seco con los de la hilada superior -con lo que facilitan la participación de mano de obra no especializada- y la resolución de las cubiertas mediante cimbras reutilizables de madera de 2,0-3,0 metros de luz por 3,0 m de fondo o profundidad que recibe bolques de suelo-cemento, conformando una cubierta curva que posteriormente se impermeabiliza.

4.8

EL FERROCEMENTO O ARGAMASA ARMADA, UN MATERIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPONENTE LIVIANOS

LELÉ, ARQUITECTO BRASILEÑO DE LA NECESIDAD Y DEL “ORDWAR”

La muestra internacional de arquitectura de la Bienal de Venecia, 2000, bajo el lema *La ciudad: menos estética, más ética*, en justa coherencia con su título, expuso la obra del arquitecto brasileño João Filgueiras Lima, conocido como Lelé (Rio de Janeiro, 1930).

Generoso en tenacidad y genio creador, Lelé “produjo” hospitales bellos y funcionales en el Centro de Tecnología da Rede SARAH de Salvador de Bahía, auténtica fábrica de vanguardia, empresa difícilmente concebible en el Primer Mundo e impensable en las coordenadas de Brasil. Desde el momento en que se entra en este centro productor creado por Lelé, se tiene la sensación de penetrar en las entrañas del “ordware”, de ese orden y racionalidad de los que tan necesitada está no sólo la arquitectura sino también el ejercicio de la profesión en el Tercer Mundo que, con demasiada ligereza, echa mano del “software” y del “hardware”, conocimientos y herramientas comprados e importados que irremediabilmente fluyen por canales unidireccionales: nacidos en el *Norte*, para ser utilizados en el *Sur*.

Lelé fue un arquitecto singular que consiguió domeñar procesos constructivos industrializados, maximizando sus potencialidades y minimizando sutilmente sus limitaciones. En los tableros de proyecto de este arquitecto se gestaba una arquitectura industrializada, sin concesiones a la monotonía, bellísima y capaz de superar la prueba de fuego: ser competitiva en el todopoderoso mercado al que Lelé recurrió y del que nunca obtuvo respuesta para satisfacer las ingentes necesidades brasileñas de construcción de escuelas, hospitales o mejora de *favelas*. Se vio por tanto abocado a crear una industria capaz de dar más y mejor por menos, sin renunciar a las altas cotas de diseño que caracterizan todas sus obras.

La red hospitalaria de traumatología de la seguridad social brasileña, diseñada y construida por Lelé, es un aporte singular a la arquitectura contemporánea, que, de no haber nacido en el *Sur*, habría cosechado multitud de premios y parabienes. Su principal mérito no es formal; la

genialidad de Lelé estriba en encontrar soluciones que permiten resolver problemas acuciantes de manera económica, masiva, eficiente y con serena belleza. Sus obras pretenden hacer más llevadera la siempre dura vida de los hospitalizados. Proyecta desde el hospital, codo a codo con profesionales de la medicina, cuidando y mejorando detalles: camas manejadas por los propios enfermos —diseñadas y construidas por Lelé— circulan camino de las piscinas, la biblioteca, la tertulia de pasillo..., entornos abiertos permiten a la generosa vegetación penetrar y que se instale “a convivir” con los *sofrientes*. Oscar Niemeyer afirma con toda razón: “Hoy, quien quiera elaborar un proyecto de hospital de alto nivel técnico, a mi modo de ver, tendría que pasar tres meses conversando con Lelé.”

Volvamos al Centro de Tecnología. Trescientos trabajadores, organizados en cuatro talleres de prefabricados de *argamasa armada* —versión brasilera superadora del ferrocemento de Nervi—, madera, metal y plástico, alojados en naves idénticas a las que ellos mismos producen para los hospitales, hacen reverdecer la manida promesa del Ford de 1917 a los trabajadores de sus cadenas de producción, asegurándoles que serían propietarios de los vehículos que producían. Espacios generosos e impolutos que acogen procesos industriales inusuales en construcción: fuegos de artificio de máquinas soldadoras, sonidos sincopados de prensas conformando piezas por estampación, gemidos amortiguados de chapas que con docilidad se acomodan a formas complejas, túneles de pintado de los que salen piezas revestidas de generosos colores bahianos... Metalmecánica para la producción de estructuras y piezas livianas; carpintería de madera para puertas, muebles y accesorios; componentes modulados de argamasa armada para forjados, paredes y fachadas; plástico y fibra de vidrio para pequeños complementos (ventilación, luminarias, marcos...). Diecisiete mil metros cuadrados de talleres de producción de los que salen anualmente miles de elementos que, pese a sus diferentes materiales, formas y texturas, se reconocen en obra gracias al rigor con el que se han realizado en los tableros de proyecto de Lelé. Son elementos dispuestos para distribuirse por la extensa geografía de Brasil, sembrando nuevos hospitales con el sello inconfundible de un maestro de la arquitectura comprometido con su Sur.

El reconocimiento internacional de Lelé acumula una considerable deuda de retraso, pero llegará. Algo parecido ocurrió con la obra del ingeniero uruguayo Eladio Dieste. Lelé recibirá en la próxima Bienal de Venecia parte del tributo que su obra merece, en un mundo insaciable de arquitecturas para la abundancia, el derroche y el “des-ordware”. Esperemos, sin perder la paciencia, el resurgir de alguna señal de conexión de la arquitectura con las necesidades que atosigan a miles de millones de conciudadanos. Será el momento en que los centros de enseñanza pasen la página del Chandigarh de Le Corbusier, tras medio siglo de manoseo, y propicien la creación de arquitecturas con “ordware” capaces de dar respuesta a las grandes necesidades.

J. Salas, “Lelé, arquitecto de la necesidad y el ordware”, EL PAÍS, Babelia, 24 junio 2010



FIG. 4.29

Planta de producción de elementos de “argamasa armada” o “ferrocemento” en Salvador de Bahía, Brasil, en la que en su interior instaló su “estudio” el arquitecto “Lelé”, para facilitar el contacto directo con los responsables de producción de los elementos prefabricados para el mejoramiento de favelas y la construcción de hospitales a todo lo extenso de la geografía brasileña. (Foto: J. Salas).

Unas notas previas.

Hoy, la “argamasa armada” es una técnica —más que un material— de creciente utilización en Latinoamérica, fundamentalmente en Brasil, donde se inició su investigación, adaptación de la tecnología italiana conocida como ferrocemento y utilización puntual hace cuatro décadas y que hoy se ha extendido su utilización en varios Estados del país. También se ha adoptado en México, Cuba, Chile... aunque en cantidades muy inferiores a las de Brasil.

Puede sorprender que se trate de una técnica que no dudaríamos en calificar como de muy alta tecnología, que utiliza una altísima dosificación de cemento de calidad y unas cuantías reducidas de armaduras en forma de mallas electrosoldadas de aceros tratados para frenar la oxidación. También requiere moldes muy compactos ya que han de ser sometidos a intensas vibraciones al objeto de que no aparezcan coqueras en espesores muy reducidos (siempre menores de 40 mm). También hay que añadir que necesita una relativamente alta cantidad de horas-hombre de trabajo.

Dicho lo anterior, en los aspectos muy positivos hay que señalar que al ser elementos muy delgados el peso es relativamente bajo, por lo que son elementos muy propensos para su transporte y manejo manual, lo que hace que sean elementos idóneos para el mejoramiento de favelas, en lugares a los que no se puede acceder con vehículos o grúas. Su poco peso es una de sus mejores propiedades, ya que entre dos obreros pueden trasladar o colocar un elemento de gran superficie, por ejemplo de 100 x 100 x 4 cm.

Descripción y orígenes del ferrocemento (o argamasa armada) en Latinoamérica

En la Tabla 4.19 hemos recogido a modo de recomendaciones fundamentales, algunas de las características más importantes de la argamasa armada.

El gran Nervi proyectó hace más medio siglo (1948) el Palacio de Exposiciones de Turín (Italia), con su ligerísima cubierta de 91,4 metros de luz libre a base de elementos prefabricados de ferrocemento unidos por arcos hormigonados in situ. Sospechamos que el gran maestro italiano se hubiese quedado atónito ante la utilización latinoamericana del ferrocemento y/o argamasa armada para el mejoramiento, densificación y consolidación de los barrios llamados informales.

La argamasa armada en Brasil ya no se considera, conceptualmente, el mismo material que Nervi desarrolló en la década de los cincuenta. Mientras que el ferrocemento era considerado un material compuesto, sinérgico con la argamasa armada, hoy se considera como un tipo especial de hormigón armado, material asociado (CAMPOS P.E., 1989). Esta argamasa armada de segunda generación posee características que redefinirán el perfil tecnológico del material, como un hormigón armado o pretensado que se puede utilizar en piezas de pequeño espesor, exigiendo por lo tanto el conocimiento de las características peculiares de las propiedades de los materiales que la constituyen, procedimientos de proyecto, técnicas de ejecución y principalmente sobre las posibilidades reales de adecuación tecnológica (HANAI J., 1987).

TABLA 4.19

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ARGAMASA ARMADA O FERROCEMENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Según la norma brasileña: espesores menores de 40 mm. (Espesores mayores: mortero (sin armaduras) hormigón armado (con armaduras). • Consumo de cemento Pórtland: entre 580 y 680 Kgs. por m³ de argamasa armada. • Relación árido fino / cemento: ente 2,0 y 2,5, es decir 1160 – 1700 Kg. de árido fino • Relación agua / cemento: entre 0,40 y 0,45, es decir, entre 223 l. y 306 l. de agua • Resistencia mínima a compresión (según norma brasileña): 25 MPa • Coeficiente de permeabilidad: inferior a 1×10^n ($n = -11 \text{ cm/s}$) • Coeficiente de absorción: inferior al 6% • Hay que procurar un buen equilibrio entre la trabajabilidad de “la masa” de la argamasa y una baja relación agua / cemento para garantizar la durabilidad de las armaduras • Amasado intenso con medios mecánicos
Una buena recomendación sobre la dosificación en peso:
1 (KG. DE CEMENTO) / A (KG. DE ARENA) / X (DEL ORDEN DE 0,42 l. DE AGUA)

Tabla: el autor

Lelé, el que buscando una alternativa tecnológica para hacer viables los proyectos de mejora de *favelas* en Salvador de Bahía, Brasil, se convirtió en el mejor divulgador de la argamasa armada en el Brasil a través de su adecuación y excelente diseño. Este trabajo fue realizado en el ámbito de la RENURB, Compañía de Renovación Urbana de Salvador de Bahía, y consistió en obras de urbanización y saneamiento, en asentamientos de bajos ingresos ubicados en zonas adversas y mal atendidas por los servicios públicos (BEZERRA, R., 1984).

“Argamasa armada”, expresión brasileña bajo la que se denomina indistintamente en este texto al ferrocemento, forma parte de la familia de los hormigones estructurales. La argamasa armada puede definirse como un micro-hormigón armado, resultante de la asociación de argamasa (cemento/arena/agua), con una armadura de acero constituida por alambres de pequeño diámetro poco espaciados entre sí. La argamasa armada se define mucho más por las posibilidades prácticas de aplicación, que como material diferenciado de la familia de los hormigones. La tendencia a asociar el material

a su tecnología, queda patente en la normativa brasilera de “Proyecto y Ejecución de Argamasa Armada” (ABNT, 1989), en la que se definen únicamente las piezas de argamasa armada como “piezas o elementos de pequeño espesor, compuesta de argamasa y armadura de mallas de acero de mallas con abertura limitada, distribuida en toda la sección transversal”.

El reducido espesor (20 milímetros de media) suele ser la característica más evidente de un componente prefabricado de argamasa armada, que le confiere un bajo peso unitario. Por esta razón, el material se adecua en forma idónea a los sistemas constructivos ligeros. Se acepta normalmente que una pieza con finalidad estructural es de argamasa armada cuando su espesor es reducido, admitiéndose convencionalmente 40 milímetros como límite superior.

A partir del análisis de su comportamiento mecánico, la argamasa armada se clasifica hoy como un material resultante de una asociación de otros dos (argamasa y acero) a semejanza del hormigón armado (HANAI J., 1981). Manteniendo hasta ahora por analogía a las mismas leyes generales de comportamiento físico y mecánico del hormigón armado, las propiedades de utilización del material se diferencian en algunos aspectos, los cuales se abordan seguidamente.

Al analizar la micro-estructura de la argamasa armada, se pueden identificar los mecanismos a través de los cuales aparece la microfisuración, en tanto fenómeno que consiste en la propagación de fisuras a partir de vacíos preformados en la matriz de productos a base de cemento portland en general. (Ver Figura 4.30).



FIG. 4.30
Dado el bajo espesor de los elementos de ferrocemento, inferiores a 40 mm, la presencia de armadura en forma de mallazo muy delgado y de pequeña retícula, se requiere su utilización para dificultar la aparición de microfisuras que podrían facilitar a la corrosión de las armaduras.

Estas fallas microscópicas, característica intrínseca del hormigón y de la argamasa, son provocadas por: aire incorporado y *agua libre* en la mezcla, impurezas y deficiencias de adherencia en la interfase pasta de cemento/agregado. Recorriendo el camino de menor demanda energética, las microfisuras evolucionan en el interior a partir de un determinado nivel de sollicitación, provocando una progresiva fractura de material sólido (AUSTRIACO L., 1985). En general, la fisuración se manifiesta en un primer momento en la interfase entre la pasta de cemento endurecida y el árido, prosiguiendo a través de la pasta de cemento, raramente propagándose en el interior de los áridos, por su dureza y resistencia.

A partir de la comprensión de este fenómeno es posible precisar la función de las armaduras en la argamasa armada, como elementos obstaculizadores de la

evolución de la fisuración, según las características tecnológicas específicas del material.

El papel de las armaduras constituidas por mallas electrosoldadas

Resulta posible analizar la función de las armaduras presentes en una pieza de argamasa armada, destinadas a impedir la aparición y o propagar el fenómeno de fisuración. En la medida en que la fisuración no evolucione en la matriz debido a la aparición de barreras en su camino, constituidas por alambres de acero, se puede concluir que las armaduras, más allá de su papel primario de absorber los esfuerzos de tracción, pueden ejercer la función de limitar la abertura de las microfisuras. (Ver Tabla 4.20).

Como resultado de la asociación entre la argamasa estructural (cemento/arena/agua) y la armadura de acero constituida por alambres de *pequeño diámetro poco espaciados* entre sí (tela electrosoldada), se puede atribuir a la argamasa armada propiedades de “gran elongabilidad e infisurabilidad”, como afirmó en el pasado el ingeniero Luigi Nervi.

En realidad, dentro de los límites de la práctica y de la viabilidad económica del material, lo que ocurre es una aproximación considerable entre los alambres de la tela soldada (elementos de refuerzo), de forma tal que las microfisuras pre-formadas en la matriz o no aparezcan o que su apertura sea limitada, conduciendo al concepto de *fisuración controlada*, hoy difundido en Brasil. Las propiedades de estanqueidad y durabilidad del material se explican, en parte, por las razones comentadas anteriormente.

TABLA 4.20

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ARMADURAS DE LA ARGAMASA ARMADA	
•	Armadura difusa: malla electrosoldada de pequeño diámetro (2,0 mm o 2,50 mm) y retícula de 2,5 cm. a 5,0 cm.;
•	Aramadura discreta: de redondos de acero de pequeño diámetro (3,4 a 4,2 mm) en zonas muy determinadas;
•	Espesores frecuentes entre 15 y 35 mm con recubrimientos mínimos entre 4 y 6mm
•	Separadores: del orden de 20 separadores por m² de malla electrosoldada (generalmente doble malla)

Tabla: el autor.

Las mallas soldadas

Se puede atribuir a la armadura difusa las funciones principales: resistir esfuerzos de tracción; limitar la abertura de fisuras (o de microfisuras, en el caso de armaduras más densas, subdivididas y distribuidas) y favorecer la aparición de fisuras poco espaciadas.

La facilidad de maniobrabilidad en el montaje de elementos planos, la escasa necesidad de armaduras complementarias, la resistencia y la garantía de calidad, son algunas de las ventajas que harán de la malla electrosoldada la

armadura más utilizada en la producción seriada de piezas prefabricadas de argamasa armada. (Ver Figuras 4.31 y 4.32).



FIG. 4.31

Dos aspectos de los talleres de preparación de las complejas armaduras para los elementos de "argamasa armada", talleres que necesitan bastante mano de obra y la utilización de un buen número de "tacos separadores" para asegurar los escasos recubrimientos de las piezas.(Foto: J. Salas).



FIG. 4.32

En opinión del arquitecto brasileño Campos (CAMPOS P. E., 1989), las mallas soldadas fueron utilizadas por primera vez en Brasil en la ejecución de piezas de argamasa armada en 1966, por el Laboratorio de Estructuras de la Escuela de Ingeniería de San Carlos-EESC/USP estudiando la ejecución de estructuras ligeras para cubiertas. Pero es a partir de 1984 cuando el IBTS-Instituto Brasileiro de Mallas Soldadas inició el suministro de mallas electrosoldadas nacionales para argamasa armada. Desde entonces, el IBTS realiza una notable labor de difusión y desarrollo tecnológico de la argamasa armada (MOZAS J., 1997).

En líneas generales, la malla soldada puede definirse como una armadura prefabricada, formada por alambres de acero longitudinales y transversales superpuestos y soldados entre sí en todos los puntos de cruce mediante soldadura por fusión eléctrica, formando mallas cuadradas y/o rectangulares. La materia prima para la fabricación de los alambres se realiza mediante laminación en caliente, con lo que se obtiene un bajo contenido en carbono, de modo que se favorece una buena soldadura. El alambre se somete a un proceso de trefilado que lo transforma en más resistente y tenaz.

En el control de fisuración, las mallas soldadas tienen un desempeño superior a otras mallas más deformables, en función de su elevado módulo de deformación. La orientación en direcciones ortogonales de sus alambres, permite su máximo aprovechamiento en la concepción de estructuras bi-dimensionales.

Los tipos de mallas más adecuados a la tecnología de la argamasa armada, disponibles en el mercado brasileño, son los que a título de información general se recogen en la Tabla 4.21.

TABLA 4.21
MALLAS SOLDADAS BRASILERAS PARA ARGAMASA ARMADA DE ACERO CA 60

CLAVE	TIPO	ESPACIO ENTRE ALAMBRES LONG. TRANS cm cm	DIÁMETRO DE ALAMBRES LONG. TRANS	SECCIÓN DE ALAMBRES LONG. TRANS	PESO kg/ m²
01	EQ98	5,0 x 5,0	2,5 x 2,5	0,98 x 0,98	1,54
02	EQ120	5,0 x 5,0	2,76 x 2,76	1,20 x 1,20	1,89
03	EL126	2,5 x 5,0	2,0 x 2,0	1,26 x 0,63	1,48

Tabla: Campos P.E.



FIG. 4.33
 Tres elementos diseñados para el mejoramiento de favelas: elemento de escalera y conducción de aguas de lluvia; “costillas” para la estabilización de suelos de gran pendiente; y “baseroductos” para permitir el “vertido” de las basuras desde cotas a las que no pueden acceder los servicios municipales de recogida.
 .(Foto: J. Salas).



FIG. 4.34



FIG. 4.35

4.9

LA ESCASA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS COMPONENTES A BASE DE MADERA

La madera como material de construcción

Al elegir la madera como uno de los materiales con los que atender la construcción masiva de VBC, debemos tener muy claro que este material, tal vez uno de los más antiguos en la construcción, es un producto natural renovable y que la naturaleza le ha prefijado un ciclo de vida. El producto madera que usamos en la construcción, tiene en el espacio natural que lo rodea enemigos dispuestos a eliminarlo. Para que ellos puedan actuar deben conformarse las condiciones ambientales adecuadas. Esta condición hace que el uso de la madera esté íntimamente ligado con el lugar geográfico donde va a ser implantado. Por este motivo no es posible dar recetas generales, sino que siempre estarán condicionadas al entorno. Como fórmula muy general podemos decir que la humedad es favorable a su destrucción y que es sensible a los rayos ultravioleta.

Además existe una gran variedad de especies y cada una tiene sus características propias y reacciones diferentes frente al medio. Por tanto puede decirse que la decisión de construir en madera, sólo es posible con un conocimiento del comportamiento de ésta en el medio en el que se la desea implantar y además debe definirse la especie adecuada al uso que dentro de una construcción va a tener.

Sistemas constructivos en madera (HEMPEL R., 1993)

Son múltiples los sistemas constructivos posibles de ser aplicados, siendo necesario hacer una somera clasificación de todos ellos, que permita al usuario tener una visión de las múltiples posibilidades constructivas que el material tiene. Esta clasificación que tomamos del chileno Hempel (SALAS J., 1985) es posible realizarla desde diferentes puntos de vista: formal, estructural, constructivo o de uso.

Para la aplicación de una posible prefabricación, es conveniente clasificar en: **estructuras menores y mayores**. Las segundas, por sus dimensiones, no son adecuadas para la construcción de viviendas.

Estructuras menores son aquellas que salvan luces no mayores a 6 metros y son en general las tipologías más adecuadas para la construcción de viviendas, especialmente de tipo social. Dentro de esta clasificación hay tres sistemas claramente diferenciados: de tabique lleno, de entramados y de placas.

1. Tabique lleno.

Este sistema constructivo es fundamentalmente diferente a todos los demás, desde el punto de vista arquitectónico, constructivo y estructural. Su característica es que el espesor total de los tabiques está constituido por madera. Su expresión formal se caracteriza por su pesadez y gran rigidez, debido al entrecruzamiento de los elementos (rollizos o basas) en las esquinas y a lo reducido de los vanos que el sistema exige. Desde el punto de vista estructural corresponde a una estructura maciza que utiliza el elemento estructural de las tipologías de entramado (la barra).

Aunque en este caso la madera está solicitada perpendicularmente a las fibras, es decir, en la dirección en la cual su resistencia es menor. A pesar de esta falta de lógica, estos sistemas son fáciles de trabajar, construir y montar. Inicialmente todas las construcciones de este tipo se construían con rollizos colocados horizontalmente, uno sobre otro, unidos solamente por la traba a media madera en las esquinas. No se empleaban elementos mecánicos de unión. En la actualidad existen una serie de nuevos sistemas, que usan madera aserrada y plantean uniones de diversos tipos.

Los sistemas de tabique lleno permiten un precortado de cada una de las piezas en la industria o taller que además inserta todos los rebajes del sistema de unión, debiendo realizarse en obra solamente el montaje del conjunto.

Las ventajas de estos sistemas las constituyen su fácil montaje y excelente aislamiento térmico que garantiza la gran masa de madera. Presentan la dificultad de controlar la variabilidad dimensional de las maderas con los cambios climáticos, pudiendo producirse variaciones de tres a ocho centímetros, en cada metro de altura de tabique. Esta característica debe tomarse en cuenta al diseñar ventanas, puertas e instalaciones sanitarias.

La desventaja de estos sistemas, desde el punto de vista de una posible industrialización, es que gran parte de las tareas han de hacerse en terreno, ya que solamente es posible preparar el rollizo en talleres. Además, se estima que estos sistemas consumen de un 20% a un 30% más de madera que cualquier otro sistema constructivo. Por todas las razones expuestas se concluye que este tipo de construcción sólo es competitivo en regiones muy boscosas y en las que el costo de la madera sea relativamente bajo.

2. Sistemas entramados.

Esta tipología estructural está basada en el uso de la barra como elemento básico del sistema, entendiéndose como tal los pilares, postes, vigas, diagonal, solera, etc. Por este motivo también se le denomina sistemas en base a barras o armazones. Todos estos elementos van entrelazados entre sí, conformando un sistema espacial modular.

Dependiendo de las diferentes maneras de transmitir las cargas a la cimentación, se pueden distinguir:

- **Sistemas de paneles portantes**, en los que las cargas de techumbre y entrepiso, caso de que exista, se trasladan a los cimientos por medio de

paneles. Pueden distinguirse tres tipologías de sistemas: **"ballon", americano y plataforma**.

- **Sistemas de vigas y soportes verticales**, en los que las cargas de techumbres y entrepisos son recibidas por vigas que las trasladan a los apoyos-pilares o postes que transmiten a los cimientos. Pueden distinguirse dos tipologías de sistemas: de **"pilar y viga"** y de **"poste y viga"**.

3. Sistemas de placas o paneles.

La búsqueda de reducción del tiempo de armado de una construcción, mejora de acabados y garantía de calidad del producto, ha llevado a que gran parte de los elementos que constituyen una construcción, se armen en industrias o talleres de montaje. Esta tendencia a la industrialización se acentúa en la medida que aumenta la mecanización del proceso constructivo.

Estos sistemas están constituidos por placas conformadas por un bastidor de madera y por revestimientos laterales que le proporcionan rigidez y aseguran el arriostramiento del conjunto. Cada uno de estos elementos incluye: aislamiento térmico, barrera de vapor y de humedad y ventanas y puertas, quedando por realizar en obra únicamente algunos recubrimientos y la solución de la junta de encuentro entre placas o paneles. Estos sistemas no sólo utilizan placas para los paramentos verticales, sino también para el armado de pisos, techos y/o entrepisos.

La diferencia entre los sistemas de placas en uso está en la modalidad de unión entre ellas y que son de la más variada índole: listones de madera; pernos; complicados elementos de enganche; perfiles de acero, aluminio o madera... Todas estas soluciones deben, en lo posible, dejar accesibles los sistemas de unión para permitir desmontar con facilidad estas construcciones, lo que supone una de las características del sistema constructivo en base a placas y por tanto una de las ventajas frente a otros sistemas.

De la descripción de los diversos sistemas constructivos en madera susceptibles de ser usados, se puede concluir que algunos permiten sólo un proceso de precortado y otros, un proceso general de industrialización. Dependerá de cada circunstancia, entorno geográfico, condiciones socioeconómicas, participación de los usuarios, garantía de continuidad de la producción, repetitividad de unidades y otros factores que lleven a decidirse por algunas de las alternativas planteadas.

4.10

LA BAMBUSA GUADUA EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA SOCIAL

(...) hemos visto en abundancia, cañas tan gruesas como el muslo de un hombre.

Cristóbal Colón, Septiembre de 1502

La bambusa guadua, un material generoso

Según el profesor colombiano Oscar Hidalgo, al que tanto debe la creciente práctica de construcción latinoamericana a base de guadua, el crecimiento de la bambusa puede llegar hasta 1,20 metros en un día, lo que la hace especialmente atractiva como cultivo para fines comerciales, especialmente si pensamos en su cultivo racionalizado para su utilización industrial, ya que puede ser utilizada entre 3 y 6 años después de sembrada, época en que adquiere su máxima resistencia. Su bajo costo, facilidad de transporte, forma regular, alta resistencia a tracción, compresión y flexión; así como sus reconocidas propiedades frente al sismo hacen de la guadua un material de construcción ideal para la vivienda de las clases más desfavorecidas. No estamos descubriendo nada nuevo: los pueblos de Colombia, Ecuador, Costa Rica y, más recientemente, Guatemala y El Salvador la utilizan. Desde el particular punto de vista de este trabajo, queremos centrarnos en sus posibilidades como material tradicional susceptible de ser utilizado en procesos industriales.

La guadua se considera en Colombia como “la madera de los pobres”. Afirma M. Villegas (VILLEGAS M., 1989) que

Desde la mata viene aligerada, modulada, barnizada. No necesita intermediarios, ni tiene desperdicios por aserrío o por cortes. Es la especie vegetal de más rápido crecimiento y la de propiedades estructurales más extraordinarias. Su relación peso-resistencia sólo es comparable con las obtenidas por los materiales artificiales más sofisticados. A pesar de que hay que inmunizarla, la guadua es un milagro.

Con un sistema de guadua que tenga resueltas las uniones a tracción y compresión de sus elementos componentes, se puede entrar a competir en igualdad de condiciones frente a materiales como la madera aserrada, el acero o el hormigón. Demostrar que la guadua en la zona donde se da en forma silvestre es un material estructural tan confiable como éstos, puede suponer repercusiones insospechadas en su producción y consumo. (Ver Figuras 4.36 y 4.37).

Propiedades físico-mecánicas

Su conductividad térmica es de 0,004 cal/mh °C. Al igual que la madera, sus propiedades varían con la edad: los maduros (alrededor de tres años) tienen la máxima resistencia. Desde el punto de vista mecánico el bambú se puede comparar favorablemente con el hormigón, el acero y la madera (es dos veces más rígida que ésta): requiere el 57% de su masa cuando es usado como viga y el 40% cuando lo es como pilar. (ARCILA J. H., 1993)

Es tan eficiente estructuralmente como el acero y puede acumular tanta energía de tensión como la madera. Su resistencia a flexión relativa es superior a la madera y al acero, aunque su mejor propiedad mecánica es la tracción paralela a la fibra (200-300 N/mm²), aunque no se suele aprovechar porque presenta, como la madera, el problema de la continuidad de los nudos. Además, la tendencia al rajado impide el empleo de clavos para asegurar las uniones.

En cambio, su resistencia a compresión, que sí es su forma de trabajo más habitual, es buena, pero ha de considerarse junto al grado de sazamiento (madurez) y a la relación longitud/diámetro. La resistencia a compresión paralela a la fibra varía (entre 630 y 860 kp/cm² y 520 y 930 kp/cm²) dependiendo de si el diámetro es de 60 ó 32 milímetros respectivamente. La resistencia a cortante está en torno a los 167 kp/cm², más baja que la madera. Su resistencia a flexión es 11.850 N/mm² y su módulo de elasticidad está en torno a los 200.000 kp/cm².

Sobre su resistencia al fuego hay pocas experiencias, pero dada su mayor densidad y el alto contenido de sílice, es mayor que la madera. Además, los nudos actúan como retardadores de la ignición. Los componentes estructurales horizontales son más resistentes que los verticales y su ignición es lenta por lo que se incrementa el tiempo de evacuación en caso de incendio: es material combustible, pero retardante.

Tecnología de construcción con bambú

Los procesos constructivos a base de guadua en la actualidad se fundamentan en la depuración y sistematización de los tradicionales métodos campesinos de construcción con este tipo de caña en guadua. Su empleo en trozos cuyas características físicas en un mismo tallo varían debido a que el diámetro y el espesor de éste disminuye con la altura y la mayor separación de los nudos va creciendo hacia su ápice. Por consiguiente, el extremo inferior —**cepa**— que tiene mayor diámetro (de 12 a 14 centímetros) y espesor de pared, con nudos más próximos, es más resistente que el extremo superior, que por ser más delgado y de nudos más separados, es más flexible. Por tanto, la parte basal, intermedia y superior, tienen aplicaciones diferentes (ARCILA J.H., 1990). (Ver Figura 4.38)

La porción **basal** se emplea en elementos sometidos a esfuerzos de compresión o tracción, por ejemplo: columnas y vigas de entresuelos. La porción intermedia o **sobrebase** (de 7 a 10 centímetros) se utiliza como armaduras de cerchas, parales y soleras de muros portantes o divisorios. La

porción o tercio superior **alfarda** se utiliza como correas de techos, como soporte de la cubierta que suele resolverse con placas ligeras onduladas.

Las esterillas, conformadas a base de guadua muy delgada seccionada longitudinalmente, son un elemento fundamental para el cierre y los tabiques divisorios. El cerramiento empleado en gran parte de las viviendas a base de guadua suele ser mediante el sistema de **enchinado**, el cual suele determinarse después de algunas pruebas y ensayos, en los cuales se enfatiza el empleo del material dejando sus nervaduras expuestas. El sistema de **enchinado** resulta de colocar a ambos lados de los paralelos fajas horizontales de esterilla de guadua, con la superficie lisa hacia dentro, unidas con puntillas clavadas a unos 8 cm. y reforzadas con alambre galvanizado. Posteriormente se cubre con mortero de cemento y arena en proporción 1:4.

El sistema de cimentaciones sobre dados prefabricados de hormigón permite aislar la estructura del suelo húmedo y de esta manera se evitan fuertes alteraciones de los terrenos pendientes.

Aparte de la estructura básica de la vivienda, los elementos complementarios, tales como soportes de escaleras, barandas, cercos, etc., se resuelven empleando el mismo material (*latas de guadua* de 3 a 6 centímetros de ancho).

Las piezas utilizadas en la construcción de las viviendas, han de ser sometidas a tratamiento de preservación e inmunización por inmersión en sales y pentaclorofenol; los elementos estructurales apoyados directamente sobre los dados de concreto se recubren con pintura impermeabilizante, brea, con el fin de evitar la pudrición al contacto con la humedad.

Es importante anotar la aceptación por parte de los usuarios, lo cual produce estímulo suficiente en la búsqueda de nuevas formas de utilización del material y de los propios de la región. Los pares o correas de bambú trabajan excelentemente y los cerramientos de la armadura serán los convencionales: esterilla o *latas* de bambú, entablado, tablero, planchas metálicas, etc. Las armaduras, cerchas y jácenas son piezas estructurales eficientes y económicas que permiten la ubicación del aislamiento térmico y más libertad de diseño en el interior. Cualquier tipo de tejado convencional es válido en este sistema, a excepción de la teja cerámica por su excesivo peso.

Las cimentaciones pueden ser puntuales (pilotes o pilastras de mampostería o bambú) o corridas (zanja rellena de hormigón o murete de bloque), siendo desaconsejable el hincado de pilotes por razones de durabilidad. Por otra parte pueden ser superficiales o profundas, merced al poco peso de la estructura dependiendo de la capacidad resistente del terreno.

La solera puede ser una losa de hormigón (sobre un dado corrido o simplemente apoyada en el terreno) o un forjado de bambú levantado del terreno con una cámara de aire. El revestimiento o cerramiento de la solera, según sea el caso, tiende a hacerse con entablado machiembrado o tablero hidrófugo.

La prefabricación total a base de bambú

Las propiedades físicas y mecánicas de los elementos a base de bambú anteriormente señaladas: bajo peso, escasa eficiencia, energía de producción, etc., permiten considerar este sistema constructivo aconsejable de realizar mediante la aplicación del bambú en su estado natural (rollizo o segmentado), o bien transformado industrialmente (laminados, contraplacados, etc.). En la prefabricación total de viviendas, las unidades habitacionales serán completamente terminadas en planta y sólo la construcción de la cimentación y otra serie de elementos de infraestructura serán realizados en obra.

No existen ejemplos de casos realizados en forma seriada por medio de este sistema constructivo, quizá porque el empleo del bambú en construcción responde a necesidades muy particulares y limitadas de una determinada región, y por tanto, el sentido de masificación implícito en la prefabricación total no encaja en dicha realidad. Una alternativa a la prefabricación total la puede constituir el desarrollo de infraestructuras de uso temporal; por ejemplo, las edificaciones de emergencia en caso de terremotos o inundaciones, mediante unidades fácilmente transportables, inclusive en helicópteros (geodésicas, módulos tipo A, tiendas, etc.).

Reseña de la utilización latinoamericana del bambú

La difusión académica de la utilización de la guadua en Colombia y Latinoamérica, tiene una deuda con el Prof. Oscar Hidalgo al que debemos el primer manual de construcción con este material. Pero es sin lugar a dudas Simón Vélez el profesional más conocido internacionalmente por sus realizaciones a base de guadua. Vélez cuenta con realizaciones singulares en más de una docena de países⁵⁹. En modo alguno es el único, pero sí el de mayor proyección internacional.

Vélez (GROW YOUR OWN HOUSE, p.59) se autodefine como un

(...) arquitecto de cubiertas. Yo diseño la cubierta y luego lo que viene debajo de ella. (...) Mi arquitectura es arquitectura tropical. En un país donde llueve mucho, usted tiene que construir techos con grandes voladizos, como en la arquitectura china o indonesia. Aprender acerca de la arquitectura en Indonesia fue algo radical en mi vida... sus enormes techos de bambú contruidos sin ningún tipo de restricción o reserva. Influenciado por el Modulor de Le Corbusier, siempre pensé que un techo o una habitación no debía exceder una cierta altura. Pero en Indonesia, ila gente pobre construye techos de 10 o 15 metros de altura con sus propias manos! Es una afirmación cultural para crear algo importante, una especie de exhibicionismo sin presumir.

59 Simón Vélez ha realizado recientemente una extraordinaria exposición en Suiza — demostración a escala real, de diferentes tipologías de construcciones, todas ellas a base de guadua— que han quedado como exhibición permanente en un parque público. A modo de “Catálogo”, se ha editado un extraordinario catálogo de una gran belleza.

En Colombia, la arquitectura popular en la zona cafetera cuenta con un patrimonio de excelentes viviendas humildes, “sin autor”, que han prevalecido en excelente estado de conservación y que en su conjunto conforman un auténtico tratado de construcción con este noble material.

Colombia y Ecuador, han sido los países que tradicionalmente han utilizado en grandes zonas del país diferentes tipos de guadua para la construcción de la vivienda popular. En Colombia se detecta un cierto interés por parte de los profesionales hacía las construcciones con bambú, no solamente para viviendas de bajo coste sino que también para construcciones públicas y privadas de sectores altos. La iglesia en la región de Manizales realizada por Arcila J. H. es un ejemplo colombiano de este arquitecto que realizó una excelente tesis doctoral en la ETSA de Barcelona allá por el año 1993, con el título: “El bambú como material de construcción” que recomendamos a los interesados en este material.

El Programa Malhabar de viviendas de carácter social en guadua y madera ha dado excelentes resultados de conjuntos de viviendas en pendiente. Un ejemplo destacable de autoconstrucción con bambú en la zona de Manizales se muestra en diferentes conjuntos habitacionales y realizaciones individuales en las que destacan la buena adaptación al terreno, incluso en terrenos de gran pendiente, así como el buen acabado tradicional de los paramentos exteriores encalados.

En la zona de Guayaquil (Ecuador), la Fundación “Viviendas del Hogar de Cristo”, institución sin fines de lucro, pero como ellos dicen: “sin ánimo de pérdidas”, se dedica desde hace más de dos décadas a *vender* a precios realmente impensables viviendas prefabricadas de caña de unos 20 m² para los sectores más pobres, utilizando paneles prefabricados a base de bambú y marcos de madera. Son en opinión del autor, auténticas soluciones “salvavidas” para los que nada tienen, soluciones que se montan en una jornada de trabajo entre tres miembros de la familia con el apoyo del conductor del vehículo y un manual de montaje muy elemental. La gran aportación de “Hogar de Cristo” es que esta operación se realiza a razón de unas 50 soluciones por día, se entregan desarmadas, promoviendo acciones comunitarias para ser montadas por autoayuda y se los instruye sobre las distintas posibilidades de acabados para obtener mayor confort. (Ver Figura 4.39)

De la planta de Guayaquil salen unas 50 “soluciones habitacionales” por día, y eso cada día, durante más de 300 días por año, con una persistencia en el tiempo que se acerca a los 20 años de historia: más de 200.000 unidades. El precio de los elementos constructivos ronda los 500\$ USA. La producción de dichos elementos se realiza en una gran planta de producción altamente mecanizada y racionalizada, en la que una de sus principales características es la facilidad de manejo de los elementos en todas las fases del proceso: gestión previa, producción, transporte, montaje, acabados.

La planta de producción de “Hogares de Cristo en Guayaquil”, siempre nos maravilló cuando la hemos visitado, ya que los niveles de racionalización, orden y sistematización, nos llevan a pensar en las grandes plantas de producción industrializada de viviendas a base de grandes paneles pesados de los años

setentas, sólo que en un contexto de pobreza extrema y gran necesidad de espacios construidos. Puede sonar exageración, pero no conocemos nada “real” equiparable a la utilización de la caña y la tecnología. Es, en nuestra opinión, un ejemplo de lo que hemos venido denominando en forma petulante como “ordware”. (Ver Figuras 4.40 y 4.41)

Sorprende muy favorablemente la alta organización de los procesos complementarios a los de una producción muy racionalizada, que consigue rendimientos sorprendentes. Teniendo en gran estima los procedimientos post-venta de la organización sueca IKEA, hemos de decir que nos sorprende la de los Hogares de Cristo. Seleccionadas las “compradoras”, mayoritariamente mujeres, el día de la firma de la documentación, pasan a la zona de entrega en la que uno de los aproximadamente 50 pequeños camiones que se encuentran cargados con los componentes del “pedido” que conformaran la vivienda conducido por una persona que hará de monitor en el montaje, se dirigirá bajo las indicaciones de la propietaria a la parcela que con la participación de tres personas, por parte de la familia, montaran la “solución habitacional” en una jornada de trabajo. (Ver Figuras 4.42, 4.43 y 4.44).

En Costa Rica desde hace dos décadas, gracias al Programa Nacional del Bambú que contó con la cooperación del gobierno holandés y que dirigió la Arquitecta Ana Cecilia Chávez, el bambú tiene una importante vigencia en los programas de vivienda, en la mayoría de los casos en forma de combinación madera-bambú (*gynerium sagittatum*).

Guatemala ha emprendido recientemente un plan de utilización del bambú en la construcción de viviendas, valiéndose de la formación de mano de obra cualificada para esta tarea. El programa se enmarca en el Instituto Técnico de Capacitación (INTECAP) bajo la dirección de la Arquitecta Gladys Padilla, y como consecuencia del mismo, se han construido varias viviendas piloto con bambú como material dominante y se detecta un cierto interés por estas técnicas de construcción en el país.

Al comenzar a estudiar las distintas variedades de bambúseas que crecen en el medio, analizando sus propiedades físico-mecánicas, químicas y tecnológicas, se tomó conciencia del enorme potencial que ofrecen, no tan sólo para resolver viviendas y construcciones rurales de interés social, sino también para construcciones mucho más importantes, como estructuras de grandes luces, puentes, muros de contención y hasta construcciones suntuarias.

El bambú está constituido por el rizoma, que es subterráneo, rugoso y grueso en el cual se acumulan sustancias de reserva, y el tallo o culmo que es cilíndrico con entrenudos huecos separados por tabiques transversales. Algunas especies llegan a tener hasta 0,15 m de diámetro, alcanzando una altura de hasta 25 mts. Excepcionalmente se han visto bambúes de hasta 0,20 m de diámetro.

El bambú posee propiedades estructurales tales como la relación **resistencia/peso** que excede a la mayoría de las maderas y puede incluso compararse con el acero y con algunas fibras de alta tecnología en su resistencia a tracción. La capacidad para absorber energía por su gran ductilidad, su resistencia a las acciones mecánicas y su liviandad hacen que el bambú sea un material ideal para construir en zonas sísmicas.

Cabe destacar que además brinda una serie de ventajas ambientales: controla la erosión, regula el caudal hídrico, aporta materia orgánica, contribuye a la biodiversidad por ser hábitat de diversa flora y fauna, es captor de CO₂ y por su belleza también es utilizado como planta ornamental y para la realización de parques recreativos.

El bambú es el recurso natural **renovable** por excelencia, permitiendo un desarrollo sustentable en la región donde se implanta. La sola presencia del bambusal ya crea condiciones ambientales muy favorables a lo que hay que agregar la posibilidad de explotarlo en forma natural o como materia prima para una variedad muy grande de industrias (contrachapados, parquet, alimentos, bebidas, papel, diversas artesanías, etc.)

Es vulnerable a la humedad, los insectos, los hongos y el fuego, como en casi todas las construcciones leñosas, lo que se resuelve con técnicas de curado y un buen diseño constructivo-estructural.

No obstante ello, no ha sido posible convertirlo en un recurso que influya significativamente en las economías de los países latinoamericanos, salvo en regiones muy acotadas. Solamente en Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y más recientemente Costa Rica, el bambú ha tenido un desarrollo industrial significativo, sobre todo en el campo de la construcción, en la fabricación de muebles y artesanías y en la elaboración de papel.

La arquitectura de bambú nació en Latinoamérica como una inteligente respuesta ante la realidad sísmica. Es el caso de la **quincha peruana**, utilizada desde el siglo XVII en gran parte de las ciudades coloniales del Perú y Ecuador, por precisas ordenanzas virreinales y del **bahareque colombiano** desarrollado en la región centro occidental de Colombia desde mediados del siglo XIX. Ambos sistemas combinan bambú y madera en su estructura portante y constituyen ejemplos de resistencia contra sismos. Utilizan la caña tejida o desplegada, con revoque de barro o a la cal en los cerramientos.

Construir con bambú resulta más económico que construir con materiales convencionales, de allí que este recurso se convierta en una alternativa real para ayudar a solucionar de una manera **sustentable** los serios problemas de déficit de vivienda que afectan a la mayoría de los países de América Latina. Sin perjuicio de ello, abundan los ejemplos de construcciones suntuarias o de relevancia social realizados con quincha o Bahareque.

En Argentina en la Universidad Nacional de Tucumán (SALEME H. 2006), estudian las características y comportamiento del bambú como material de construcción, para desarrollar nuevas tecnologías constructivas que simplifiquen y difundan su uso.

En síntesis, el bambú es natural, rápidamente renovable, protector de suelos e inductor de la biodiversidad, muy durable si se diseña y construye con las técnicas apropiadas, con gran potencial plástico, por lo que su explotación habrá de generar beneficios sociales, culturales, económicos y medioambientales. Lamentablemente este recurso natural ha sido subestimado por prejuicios culturales y sociales además de la ignorancia de sus posibilidades ambientales, tecnológicas, plásticas y artísticas, lo que muchas veces lleva a desechar esta ponderable alternativa de desarrollo sustentable.

Un caso modélico de cooperación para el desarrollo a base de caña.

El 15 de agosto del 2007 se produjo un sismo en Perú que alcanzó una magnitud 7.0 de la escala de Richter y su epicentro se registró en la costa central a 60 km de la ciudad de Pisco y 150 Km al suroeste de Lima, dejando los mayores estragos en el Departamento de Ica. Este fue uno de los terremotos más violentos de los últimos años, que dejó 550 víctimas mortales y más de 400.000 personas afectadas. El sismo afectó especialmente a zonas carentes de cultura de prevención y de políticas de ordenamiento urbano. Concluida la emergencia, muchas familias vivieron en condiciones de suma precariedad, en viviendas temporales de esteras y plásticos, y expuestas a las inclemencias del frío nocturno y a las altas temperaturas del día. Ante esta situación, se vio la necesidad de llevar a cabo acciones para implementar una reconstrucción participativa, como una oportunidad de desarrollo equitativo. (Ver Figura 4.45).

Meses antes del terremoto mencionado, en el ICHAB, finalizábamos el “XI Curso de Especialización de Cooperación para el Desarrollo en Asentamientos Humanos del Tercer Mundo”, de la ETSAM. Una de nuestras alumnas, M^a Eugenia Lacarraga, finalizó el Curso dispuesta a colaborar en lo que ya era su especialización “la Habitabilidad Básica”, con decisión firme y solidaria de colaborar, se desplazó a Perú después del terremoto mencionado.

En Ica, la arquitecto Lacarraga elaboró la propuesta: “Proyecto de apoyo a la auto-construcción de 16 viviendas en quinchas modulares mejoradas para damnificados del terremoto”, consiguiendo financiación de la ONG inglesa Progressio. Se trataba de una financiación muy escasa por lo que el diseño tenía que buscar mejorar las condiciones habitacionales de la población afectada, mediante construcciones sismorresistentes, con tecnología alternativa y de bajo costo y con participación de las usuarias, como semilla de desarrollo sostenible y comunitario. (Ver Figura 4.46).

El sistema constructivo es una versión mejorada y modulada de la tecnología elaborada por el INVI de Perú con el nombre de “*quincha prefabricada*”, una forma de construcción tradicional sismorresistente y ligera mediante entramado de caña que habíamos estudiado en el Curso del ICHaB. El Grupo de Cooperación al Desarrollo en Habitabilidad Básica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (HaB-ETSAM) y la Asociación de Peruanos Residentes en la Rioja (APRELAR) decidieron participar en el proceso de reconstrucción después del sismo que afectó la región de Ica en el año 2007 con el apoyo financiero del Gobierno de La Rioja y de la Universidad Politécnica de Madrid. El trabajo coordinado con el equipo técnico local, con lideresas de las zonas afectadas, hizo posible la óptima ejecución de varios proyectos. Los dos primeros se desarrollaron entre los años 2009 y 2012 y se centraron en la construcción participativa de viviendas sismo-resistentes para la población damnificada. El último proyecto fue la construcción de un “wawawasi” (casa de los niños en quechua) cuya construcción se desarrolló durante los años 2012 y 2013. Tanto las viviendas como la wawawasi se construyeron en quinchas modulares, un sistema constructivo a base de madera, caña y tierra, que se consideró óptimo para asegurar unas edificaciones seguras, confortables, fácilmente replicables, y que respondiesen a las necesidades de las familias. La idea principal que guió el trabajo fue combinar

la arquitectura de calidad con la tradición y el conocimiento local. (Ver Figura 4.47).

En Noviembre de 2008, uno de los proyectos precedentes, obtuvo el Primer Premio en la XVI Bial de Arquitectura Panamericana de Quito en la Categoría “Concurso Mundial, Hábitat Social y Desarrollo”, por el proyecto. En enero de 2015, el trabajo del Grupo de Cooperación en Habitabilidad Básica de la ETSAM fue premiado en el “2nd European Award for Best Practices for the Integration of Sustainable Human Development” (SHD) into Technology and Engineering Education, por el proyecto: “Integrating development aid awareness into architecture”, Universidad Politécnica de Madrid.

Queremos dejar constancia, de que la caña, material de casi coste “cero”, abundante en la zona y las manos expertas de las mujeres “sin techo” habituadas a doblar la caña en trabajos artesanales, junto al conocimiento técnico de la “quincha” y la vocación solidaria de la arquitecto Lacarra, consiguieron el “milagro” de las realizaciones que se muestran por menos de mil euros de presupuesto por solución habitacional.



FIG. 4.36

Vista de una plantación de “guadua” especie botánica de la que existen cantidades de subespecies y que es muy apreciada para la construcción de viviendas en las zonas donde se dan estas especies. La tradición popular en diferentes puntos de Latinoamérica les llama “plantas generosas”, “productoras de madera de pobres”.



FIG. 4.37

Momento de la “ampliación” por parte de una “pobladora” a base de “caña” mediante la técnica conocida como “quincha”.

FIG. 4.38

Proceso de construcción en la zona cafetalera de Manizales, en terrenos con pendientes extremas, en las que la “bambusa o guadua” es muy apreciada ya que se adaptan a la construcción de primeras plantas en forma de palafitos y resisten adecuadamente los sismos.





FIG. 4.39

La planta de producción de la institución "Hogares de Cristo" en Guayaquil, Ecuador, es para el autor un auténtico "paradigma" de la industrialización al servicio de los más pobres. No considero, sus dirigentes tampoco, que sus "productos" sean la solución al problema de la vivienda, pero sí un primer paso en pro de su emancipación, una especie de "salvavidas" para el que está en la pobreza extrema. (Foto: J. Salas).



FIG. 4.40

Un momento de la producción con unos equipos de producción idóneos y una mano de obra altamente especializada capaz de producir en 7 minutos un panel de madera-caña del tamaño de un paño de habitación como los que muestra la Figura 4.41. (Foto: J. Salas).



FIG. 4.41



FIG. 4.44

Con procedimiento "IKEA", aunque con anterioridad a la implantación internacional de empresa sueca, de la planta de producción salen diariamente medio centenar de pequeños camiones en los que se "apilan" todos los elementos del sistema que conforman una "vivienda". La propietaria, después de cumplimentar la documentación, acompaña al conductor que también es "montador", hasta un punto generalmente remoto, fuera del plano de "lo formal". (Foto: J. Salas).



FIG. 4.43

Tres adultos esperan la llegada de la mercancía y con el asesoramiento de conductor, en ocho horas la familia ocupa su "hogar". (Foto: G. Gómez).

FIG. 4.44



FIG. 4.45

Varios aspectos de la autoconstrucción a base de “quincha” por las mujeres participantes en el proyecto de construcción de las viviendas destruidas por el sismo. El trabajo de la caña en la zona por parte de las mujeres damnificadas es una constante, lo nuevo es la participación “in situ” de una profesional de la arquitectura con conocimientos y dedicación. (Foto: E. Lacarraga).



FIG. 4.46

La unidad de vivienda terminada y preparada para su entrega a una de las “beneficiarias” participantes en el Proyecto a base de “quincha prefabricada”. (Foto: E. Lacarraga).



FIG. 4.47

Presentación del Proyecto realizado por el que la arquitecta Eugenia Lacarraga recibió el Primer Premio en la XVI Biental de Arquitectura Panamericana y dedicación. (Foto: E. Lacarraga).



4.11

UTILIZACIÓN DE DESECHOS AGROINDUSTRIALES: CÁSCARA DE ARROZ

La reseña que sigue es parte de un proyecto de investigación aplicada formulado por un equipo de investigación conformado por profesionales latinoamericanos y españoles⁶⁰ con la coordinación del autor de este trabajo. Equipo que se estructuró en el Instituto Eduardo Torroja de Madrid, con el título “Tecnologías para Viviendas de Muy Bajo Coste”, cuyos trabajos fueron premiados en el Concurso CINTUS (Certamen Internacional sobre Nuevas Tecnologías de Interés Social) celebrado en Brighton (Inglaterra) con ocasión del “AW Internacional para los Sin Vivienda”, en el marco del XVI Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos (U.I.A.). La propuesta, mereció uno de los Primeros Premios con el siguiente comentario del Jurado Internacional:

Solución que utiliza bloques formados por cáscara de arroz y cenizas, amasándolas con cemento y está dirigido a zonas de gran producción arroceras, en particular en el Tercer Mundo. Asegura un bajo coste de producción y propone distintos sistemas de gestión, autoconstrucción, construcción asistida, cooperativismo. etc. Los bloques, de forma muy sencilla, pueden cortarse de distintas maneras y son utilizados como encofrados perdidos para zunchos, resaltes de cornisa, vigas, etc. Se proyectan viviendas de una o dos plantas que crecen a partir de un núcleo elemental. Es una solución realista que puede significar una apreciable reducción de costos, en determinadas áreas geográficas.

Memoria del trabajo

La propuesta pretendía la consecución de un proceso de producción de componentes ligeros, que se concreta en las etapas de elaboración, producción, estudio, ensayo y valorización de un bloque y un panel, que han de tomarse como meros ejemplos materializados.

Se partió de dos ideas asumidas, comprobadas en la práctica y avaladas por dos grandes foros internacionales en el ámbito: HABITAT Y ONUDI.

60 El equipo de “Tecnologías para Viviendas de Muy Bajo Coste en Latinoamérica”, estaba conformado durante el trabajo que se reseña, por el ingeniero colombiano Gabriel Gómez, las arquitectas españolas Marina Alvarez y María Jesús Guinea, el ingeniero dominicano Janer Veras, el ingeniero peruano Percy Castillo, el arquitecto vasco-venezolano Ignacio Oteiza y el autor.

1. La repercusión de los materiales elaborados en el coste final de las viviendas realizadas por el sector informal en países en vías de desarrollo, es extraordinariamente importante. A la disminución de este capítulo se dirige la propuesta. (HABITAT ha reiterado su llamado a la comunidad científica pidiendo dirigir sus acciones en este sentido).
2. La solución del problema de la vivienda pasa inexorablemente por la industrialización de su proceso productivo. La propuesta se centra en el escalón más elemental de proceso, quedando abierto a otros niveles tecnológicos. ONUDI plantea desde su creación la industrialización como única vía a la solución de los problemas universales de alimentación, salud y vivienda. La propuesta no era la presentación de dos elementos constructivos —un bloque y un panel— sino del proceso de producción de elementos ligeros a base de un subproducto agrícola (cáscara de arroz) y otro industrial (ceniza volante).

Tipo de propuesta

1. Ahorro de materiales escasos —considerando entre ellos los conglomerantes tipo portland— mediante su sustitución parcial por subproductos agroindustriales —ceniza volante ("fly ash") y ceniza de cáscara de arroz ("rice husk ashes").
2. Puesta a punto del proceso de producción de un material de reducido peso específico, al tiempo que excelente comportamiento como aislante térmico. Buena respuesta fónica y frente al fuego, fácil trabajabilidad...
3. Se aporta: tratamiento de cáscara, dosificación, curado, tipos de moldeo,... es decir, un conjunto de resultados de las distintas etapas del proceso de producción de bloques y paneles que permitirían la fácil e inmediata implantación de una modesta planta productora de estos elementos, como embrión de posteriores instalaciones de mayor capacidad una vez asimilada la tecnología. (SALAS J., 1990 Y 1997).

La cáscara de arroz como material de construcción

Centraremos esta breve reseña, en un aspecto muy parcial del trabajo realizado: las posibles aplicaciones en construcción de la ceniza resultante de la combustión de la cáscara de arroz. La bibliografía sobre utilización en construcción de la ceniza de cáscara de arroz, en adelante R.H.A. (iniciales de *rice husk ash*), como suele conocerse internacionalmente, es abundante y arranca varias décadas atrás, siendo Mentha uno de los autores que de forma autorizada se ha distinguido en el tema.

Mentha estima en 500 millones de metros cúbicos la *producción* de cáscara mundial al año, lo que equivale aproximadamente a unos 80 millones de toneladas que "potencialmente" pueden llegar a representar entre doce y dieciséis millones de toneladas de cenizas (R.H.A.), lo que coincide con las estimaciones de otros expertos. Sentados estos datos, obviamente no se propugna una solución a la escasez de cemento en los países en vías de

desarrollo, sino una forma complementaria, de paliar el déficit mediante un desecho agrícola que suele reunir la importante circunstancia de encontrarse concentrado en muy pocos puntos, junto a los molinos de arroz, sin casi otro empleo posible ya que su utilización como forraje de animales se encuentra proscrito por la FAO.

Datos de la combustión de la cáscara

En base a nuestra experiencia, dependiendo de las distintas procedencias de la cáscara y de los métodos de combustión empleados, las cantidades en peso de cenizas respecto al de cáscara oscila desde un 19% hasta un 39%, margen que evidencia situaciones muy diversas. En base a la práctica a gran escala, en India, Nepal y Pakistán descrita por R. Smith, se plantea la necesidad de limitar la temperatura de combustión de la cáscara a 700°C para obtener ceniza amorfa que pueda ser reactiva con la cal. Ello tiene como contrapartida la necesidad de tiempo de molienda grande —de tres a cinco horas— ya que, como el autor citado afirma, las cenizas especialmente quemadas son más blandas que las quemadas a menores temperaturas y por tanto necesitan menos tiempo de molienda.

No se planteaba nuestro trabajo como objetivo, la utilización del importante poder calorífico de la cáscara, aunque resulta interesante reseñarlo como valor complementario de la simple consecución de RHA. Al objeto de ratificar los valores conocidos por la literatura, se determinó el poder de combustión de una muestra de la cáscara de arroz estudiada, determinándose que la potencia calorífica superior de la cáscara es de 4.441 Kca. por Kg, valor que hemos contrastado de forma precisa.

La ceniza estudiada presenta un peso específico de 2,05 g/cm³ y una densidad aparente de 0,7 g/cm³ para el peso específico: A.M. Neville fija el peso específico de las puzolanas entre 2,10-2,40 g/cm³. El valorar la posible actividad puzolánica del material ha sido objetivo principal de numerosos trabajos, dando lugar a distintos métodos de evaluación, basados en aspectos diferentes de un mismo hecho. En el caso de la ceniza de cáscara de arroz, el agua de amasado se aumentó hasta 330cc, para conseguir una buena trabajabilidad, este hecho debe tenerse en consideración a la hora de la utilización del material. Las probetas se rompieron a flexión y compresión, dando como resultados medios más que aceptables. (SALAS et alters, 1986).

Tres resultados tangibles a base de cáscara de arroz.

No es sencillo resumir los resultados de años de trabajo de investigación aplicada de un equipo pluridisciplinar y plurinacional, centrado en la utilización de la cáscara de arroz. Trataremos de mostrar tres tipos de resultados tangibles y publicados en numerosos trabajos:

- “Producción” y utilización de ceniza de cáscara de arroz;
- Producción de paneles prefabricados con cáscara y ceniza de cáscara;
- Producción de bloques prefabricados con cáscara y ceniza de cáscara.

FIG. 4.48

Horno para la combustión de un metro cúbico de cáscara de arroz, con el que se “producía” unos 17 Kg. de ceniza. Esta ceniza (que proporciona 4.200 Kcal. / Kg. de cáscara quemada) permitía ahorros sustantivos en el empleo de cemento, obviamente, sólo para usos muy específicos y de pobres requerimientos, a base de: 33% de cemento ARI-450 y 66% de cenizas RHA; o bien 66% de cenizas RHA y 34% de cal. (Foto: J. Salas).



FIG. 4.49

Bloque base de cáscara de arroz, ceniza de cáscara y cemento. (Foto: J. Salas).

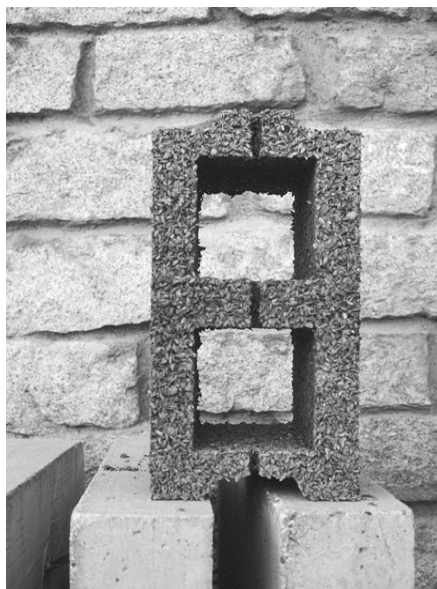


FIG. 4.50

Máquina de mercado para la producción de seis bloques por ‘puesta’, adaptado para mayores espesores de los bloques. (Foto: J. Salas).



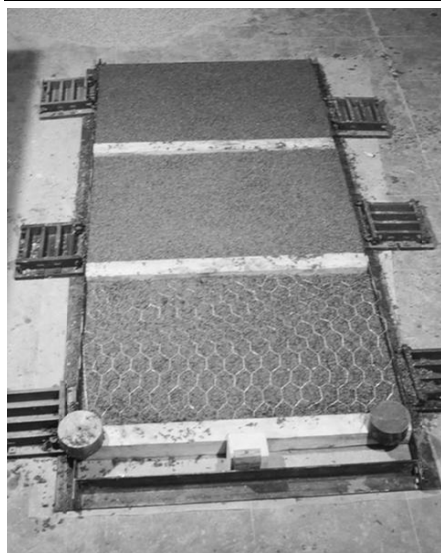


FIG. 4.51

Paneles de idéntica dosificación de los bloques, de 6 cm. de espesor de 60cm x 90cm sin armadura o reforzados con 'tela de gallinero'. (Foto: J. Salas).

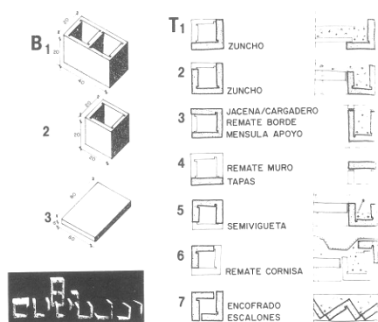


FIG. 4.52

Los tres elementos que conforman los elementos prefabricados que pueden cortarse manualmente con herramientas tradicionales, capaces de producir una serie de elementos complementarios y plano esquemático del prototipo de vivienda que fue realizado con carácter experimental.

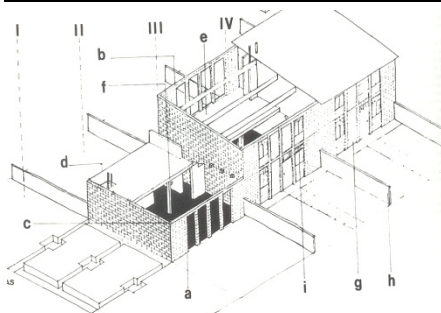


FIG. 4.53

"Producción" y utilización de la ceniza de cáscara de arroz

Con un pequeño horno artesanal para quemar hasta 2 m³ de cáscara, "producíamos" diariamente unos 12 Kg. de ceniza de cáscara RHA con las siguientes características:

- Valor de la sílice reactiva: 79,86% ;
- Material con índice de actividad puzolánica: Media;
- Peso específico: 2,05 g/cm³;
- Blaine aproximado: 4500 cm² / g (30" de molienda);

- Rendimiento de ceniza: 25% - 30% de peso de cáscara
- Poder de combustión de la cáscara: 4400 Kcal. / Kg.
- Con la ceniza descrita se trabajó en el estudio de los siguientes "conglomerantes": (Bajas cuantías de cemento portlan (menores de 200 Kg. por m³):
 1. 50% de cemento P-ARI 450 y 50% de ceniza volante;
 2. 66% de ceniza de RHA y 34% de cemento P-ARI 450;
 3. 66% de ceniza de RHA y 34% de cal;
 4. 66% de cal y 34% de ceniza volante.

Bloque de 40 x 20 x 20 cm (Ver Figuras. 4.49 y 4.50)

- Dosificación: 3,50 Kg. de P-ARI ; 3,50 de ceniza volante; 1,75 Kg. de ceniza de RHA Y 3,13 litros de agua;
- Resistencia a compresión a 28 días: superior a 10 Tm, superior a 22,3 Kp/cm²
- Peso del bloque: del orden de 9 Kg. para dosificación de 1100 Kg/m³

Producción de paneles prefabricados de 60 x 90 x 4 (o 6) cm (Ver Fig.4.51)

- Peso del panel: del orden de 35 Kg.
- Para luces entre apoyos de 90 cm. admitieron sobrecargas superiores a 300 Kg/m² con relación flecha/luz de l/300 y carga de rotura superiores siempre a 450 Kg. / m²
- Conductividad térmica $\lambda = 0,11 \text{ W/m}^\circ\text{C}$;
- Transmisión térmica $K = 1,98 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Resistencia a la llama: 64°C en la cara opuesta tras 30 minutos de aplicación de llama de 3500° a 3 cm. de distancia.

En la bibliografía recomendada se puede encontrar mayor información contrastada y publicada.

4.12

CAL HIDRATADA Y CAL VIVA⁶¹

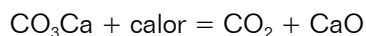
La producción de calcita se encuentra muy relacionada con la de carbonato de calcio precipitado artificial, dolomita, caliza, creta, o cal, por lo tanto, es difícil determinar qué proporción de la producción de dichos productos se refiere a la calcita. No obstante, podemos afirmar que los mayores productores de dichos minerales, serán los principales productores de calcita, entre los cuales se destacan los siguientes países: Japón (450 mil t), Estados Unidos (265 mil t), China (261 mil t), Reino Unido (76 mil t) y Alemania (75 mil t) entre otros.

La piedra caliza es usada, directamente en su forma pura, o indirectamente como cal, en muchas industrias. La producción de cal es uno de los procesos químicos más antiguos conocido por el hombre, data de civilizaciones ancestrales como Grecia, Roma y Egipto. Hoy, la cal es usada en la producción de cemento, jabón, acero, caucho, productos farmacéuticos, barniz, insecticidas, alimentos para plantas, alimentos para animales, papel, yeso. Muchos tipos de productos, producidos alrededor del mundo, son, en una forma u otra, producidos empleando cal.

La producción de cal es parte integral de cualquier sociedad moderna. Sin embargo, muchas regiones, algunas latinoamericanas, aún usan cal importada de otras naciones del mundo, a pesar del hecho de que la producción local sería menos costosa. Lo que hace esta situación particularmente inusual es el hecho que la maquinaria y la asistencia técnica necesaria para producir cal está fácilmente disponible y es obtenida de un número de compañías ubicadas en varios continentes. China ha investigado y desarrollado muchos procesos de la ingeniería química durante más de 20 años, y compañías de Taiwan han ganado reconocimiento internacional por su planificación, diseño y manufactura de equipos necesarios para producir un número de productos químicos incluyendo carbonato de calcio, dióxido de carbono comprimido, y por supuesto, cal viva y cal hidratada.

Se llama cal a todo producto, sea cual fuere su composición y aspecto físico, que proceda de la calcinación de piedras calizas. Después del proceso de calcinación hay que proceder a la extinción o apagado del producto anhidro, con lo cual se obtiene un material hidratado en forma pulverulenta o pastosa según la cantidad de agua añadida.

Con una calcinación hasta unos 900°-1.000° C se verifica la reacción siguiente:

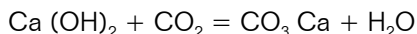


⁶¹ Para los interesados en el conocimiento del yeso como material y en sus múltiples posibles aplicaciones en construcción, más que en obra nueva en restauración del patrimonio construido, recomendamos la obra monumental de Ignacio Gárate Rojas, "ARTES DE LA CAL", editado en 1992 por el Instituto Español de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares, Edit. Munilla-Letería.

es decir, se descompone el carbonato cálcico en óxido de calcio anhídrido carbónico, desprendiéndose éste con los productos de la combustión.

Durante el apagado se verifica: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$

o lo que es lo mismo, se formará El hidróxido cálcico, el cual, al ser puesto en obra, se recarbonata según la reacción:



Al absorber el anhídrido carbónico de la atmósfera las cales empleadas como conglomerantes en la construcción, ver la norma DIN 1060. Para preparar morteros se obtienen por calcinación, por debajo de la temperatura de sinterización.

Cales hidráulicas naturales

En el proceso de calcinación hasta 110° pierde el agua de cantera; hasta 700° se descomponen los silicatos de las arcillas; a los 900° se descompone el carbonato cálcico; a partir de los 1000° reaccionan los productos resultantes: Ca O, SiO₂ y Al₂ O₃, dando la cal hidráulica. Esto ocurre sólo con las cales hidráulicas naturales que contienen arcillas como impurezas.

Una buena cal grasa debe partir de una buena caliza cristalina, por ejemplo el mármol, sin impurezas. El proceso de cristalización las evita. Vicart afirma que cuando la caliza tiene una cierta cantidad de arcilla cocida o se le agrega, da lugar a una cal hidráulica (por cocción) y a partir de este momento se llega al Portland. La cal hidráulica es la obtenida por calcinación entre 1000°C y 1.300° C de calizas arcillosas y margas con entre 8 y 27% de impurezas.

La cal viva (CaO) se suministra en terrones o molida. Por adicción de agua a la cal viva se prepara la cal grasa apagada que, según la cantidad de agua añadida, se presentará en forma de pasta (cal en pasta) o en forma de cal en polvo. Como se ve, la cal apagada forma de nuevo CO₃Ca por absorción del anhídrido carbónico (CO₂) del aire.

Este ciclo de la cal, donde una caliza es quemada o cocida, y tras una operación sencilla se convierte de nuevo en una nueva caliza, pero ya manipulada por el hombre, para unos fines edificatorios, es uno de los grandes pasos que se dieron en la Humanidad posibilitando así un gran despliegue de la arquitectura y otras artes; es una tradición milenaria ininterrumpida, pero olvidada en España y puede que en Latinoamérica.

Sin ser especialista en el tema, pero sí usuario en algunos casos de escasez presupuestaria, intuimos y no nos recatamos en mencionarlo, que la cal y el yeso son dos materiales con grandes posibilidades de tener un futuro prometedor en su utilización en viviendas de escaso presupuesto. Puede que el cemento Portland, sin que sea su culpa, esta nunca lo será de sus aplicaciones en sí, sino de la publicidad que por acción realizan sus interesados promotores o que por omisión no hacen los conocedores de las características y posibilidades de uso de materiales como la cal y el yeso.

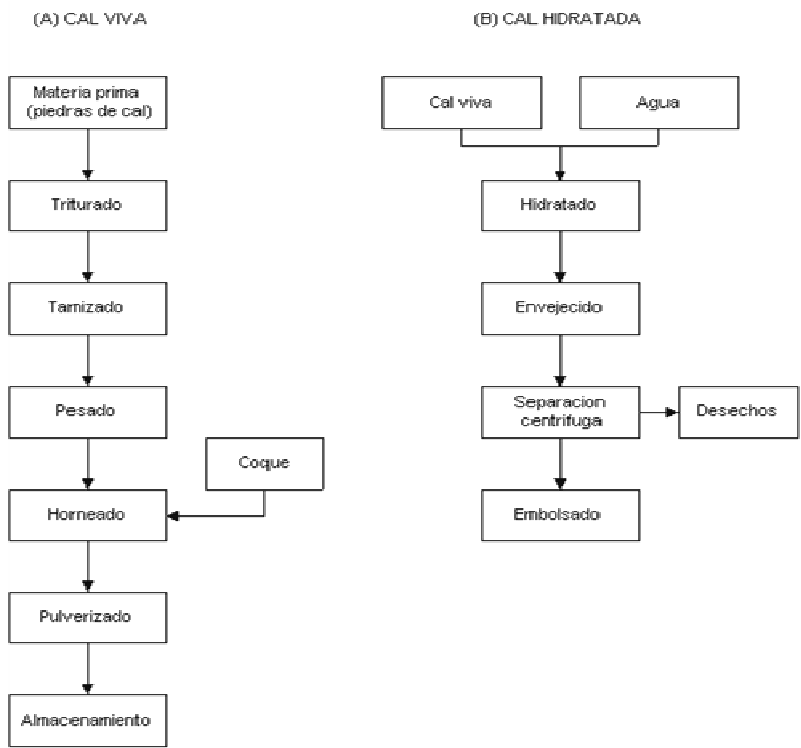


FIG. 4.54

Descripción del proceso:

- **Cal viva**
 1. Las piedras de cal minadas o desenterradas son aplastadas en rocas de tamaño más pequeño por una carrillera trituradora y luego es alimentada a tres cubiertas de filtrado por vibración la cual remueve cualquier fragmento grande o pequeño según el tamaño deseado.
 2. Después que han sido filtradas, las piedras de cal son pesadas en una correa transportadora con balanzas construidas, como cuando este es transportado en una grúa de salto.
 3. Las piedras de cal y el coque se elevan a la parte superior del horno vertical donde son descargadas.
 4. Las piedras calizas son fragmentadas en un horno donde la temperatura que suele variar entre 925°C y 1340°C siendo mantenidas con el fin de alcanzar la temperatura de disociación de los carbonatos encontrados en las piedras de cal. El dióxido de carbono en el horno de gas es

soplado dentro de un sistema de lavado pero con una reducida ventilación.

5. La cal viva producida en el horno se descargada en un mandil transportador el cual los lleva hacia un martillo de triturado. Después que ha sido pulverizado por el martillo de triturado, este es descargado en una tolva elevadora para ser transportada al depósito de almacenamiento de la cal viva.

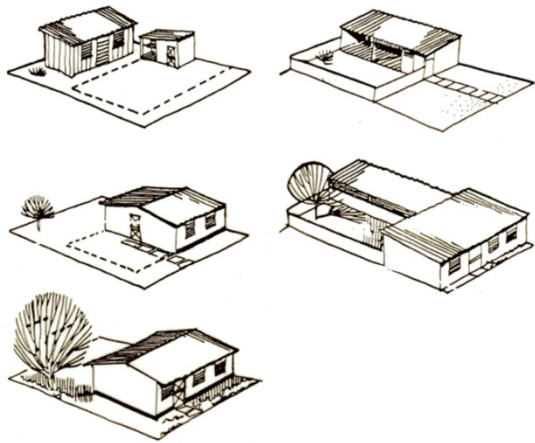
- **Cal hidratada**

1. La cal hidratada es producida básicamente por la mezcla de agua con la cal viva. El agua y la cal viva son alimentadas en un hidratador en una proporción de uno a uno.
2. Esta cal apagada se colocada dentro de un tanque de almacenamiento donde se completa mediante hidratación.
3. La ligera humedad de la cal apagada es descargada dentro de una tolva elevadora la cual tiene en su interior un separador centrífugo.
4. Durante el proceso de separación, las partículas gruesas de cal son removidas desde la cal hidratada en forma de desechos. El siguiente paso, aparte de la producción en polvo listo para embolsar, es la mejora de la consistencia respecto a la fineza y pureza química de la cal hidratada producida.

El polvo de cal hidratada es transportado a la máquina de embolsado la cual automáticamente distribuye la cal en bolsas de 25 Kg. o en bolsas de una tonelada, completando el proceso.

5

TECNOLOGÍAS PARA VIVIENDAS DE MUY BAJO COSTE



5.1

LA NECESIDAD DE “OTRAS” TECNOLOGÍAS

La arquitectura y la edificación dominante, la que se enseña en nuestras escuelas y facultades del llamado Primer Mundo, también en la mayoría de las latinoamericanas, se conforman a partir de fenómenos observados en países *desarrollados* que cuantitativamente constituyen el *caso particular*, por lo que en no pocos casos resultan intrínsecamente inaplicables al *caso general*, si realmente se pretenden paliar necesidades fundamentales de la humanidad, que son preponderantes en los países *subdesarrollados* y más aún en las comunidades rurales aisladas.

El axioma anterior sintetiza el alegato que sigue sobre la necesidad de generar y difundir conocimientos desde el *caso general* para las necesidades cosmopolitas. No es plausible la consecución de principios y soluciones aplicables a todos y en todo lugar, por no ser legítimo construir una teoría general sobre casos particulares.

Que la arquitectura dominante se gesta y pretende dar respuestas al *caso particular*, no cabe duda. También el urbanismo, la construcción, las estructuras, las instalaciones... conforman sus propuestas desde el *caso particular*. Que éstas no se aplican al *caso general*, puede palpase en la realidad formal y espacial de las periferias y barrios marginales del Tercer Mundo, y más aún, en el hábitat construido por las familias rurales aisladas que cobijan aproximadamente a la cuarta parte de la humanidad. Por ello, gran parte de los profesionales de la arquitectura, entendidos en el sentido más amplio, que no únicamente los titulados como arquitectos y/o ingenieros, no se reconocen en este tipo de soluciones que en ocasiones califican de “indignas”, para dejar claro que no son resultado de su profesión y ven en ellas la razón del “problema” en lugar de las semillas de la “solución”.

Si el lector ha llegado hasta aquí, perdonará el silencio sobre la fuente inspiradora. Leyendo a Dudley Seers (SEERS D., 1963), director del Instituto de Estudios para el Desarrollo de Sussex, Inglaterra, nos impactó su trabajo “The Limitations of the Special Case” (1963) en el que afirma:

(...) la economía dominante, enseñada en nuestras universidades, se construye a partir de fenómenos observados en los países “desarrollados” (los que constituyen precisamente el “caso particular”) por lo que, en consecuencia, es inaplicable al caso general, el de los países “subdesarrollados”.

La crítica de Seers ponía en cuestión en los años sesenta demasiadas cosas para que fuesen atendidas todas, pese a que lo que implícitamente proponía hace cinco décadas no era otra cosa que darle carta de naturaleza a una nueva

disciplina: la “Economía del Desarrollo”, una apostasía académica entonces, que se ha tornado en disciplina curricular clásica hoy.

Hardoy (HARDOY J., 1985), en su trabajo “Repensando la Ciudad del Tercer Mundo”, afirmaba:

A pesar de que en la actualidad el mundo cuenta con más profesionales arquitectos, planificadores e ingenieros capacitados para trabajar en áreas urbanas que nunca antes en la historia, esos profesionales tienen poca o ninguna repercusión en el mejoramiento de las condiciones de los grupos de menores ingresos que asumen en parte los nuevos profesionales en el sector informal, en instituciones de la sociedad civil organizada o de cooperación para el desarrollo, consistentes en asesorar y trabajar con grupos populares, son los otros profesionales a los que el sector informal reconoce como actores importantes de dinamización de la construcción y el desarrollo de la ciudad.

Por otra parte, los gobiernos locales requieren con insistencia administradores y planificadores urbanos con capacidad para trabajar y negociar con la sociedad organizada, comprometidos en “la construcción de abajo hacia arriba”. Se tiene constancia de lo mucho que, especialmente la Latinoamérica urbana (78% de su población) pero también en la rural, han realizado en las últimas décadas los profesionales involucrados en las organizaciones sociales: han diseñado viviendas, caminos, calles y áreas de juego; han instalado agua potable, energía eléctrica y alcantarillado; han revitalizado barrios; han hecho frente a las emergencias por terremotos, inundaciones, ciclones...; han articulado respuestas durante graves crisis económicas y conflictos armados; han impartido cursos y proporcionado formación profesional; han formulado propuestas y estudios de desarrollo; han ofrecido habitabilidad básica a los invasores de terrenos; han apoyado el tejido productivo barrial; han planteado y difundido problemas y soluciones factibles para la ciudad; han creado espacios de diálogo y negociación con las administraciones públicas; han diseñado y ejecutado proyectos sociales con financiación nacional, internacional y multilateral...

“La industrialización *posible* de la vivienda latinoamericana” (SALAS J., 2000) pretendió ser una reflexión documentada realizada desde el terreno, que aspiraba a transferir ideas y soluciones del Norte al Sur, pero fundamentalmente del Sur al Sur, defendiendo, que para intentar soluciones de vivienda de muy bajo presupuesto, describir herramientas y realizaciones eficaces, podría revelarse como un ejercicio sinérgico de interés.

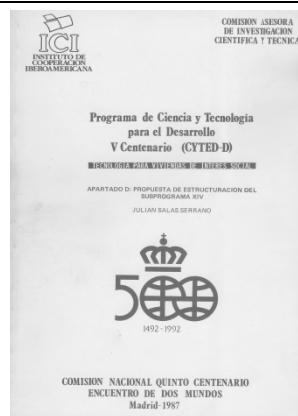
La definición que sigue más adelante de Ortega, en nuestra percepción, premeditadamente distorsionada, se materializa cabalmente en algunos aportes del trabajo desarrollado durante décadas por el colombiano Álvaro Ortega, aunando de forma magistral tecnología y función social de la arquitectura, y que personalmente concretaría en el legado universal de “sus” placas para techos “gran onda, teja canaleta o canalonda”, resultado de su trabajo de tesis doctoral en Harvard (1945) con Walter Gropius. Trabajos recogidos en el libro “Alvaro Ortega. Prearquitecturas del bienestar” (ORTEGA A., 1998), injustamente ignorado.

En este contexto, resulta ejemplarizante la “canaleta” o placa “gran onda” ya aludida anteriormente, ya que mediante el diseño de su sección transversal se consiguió triplicar su inercia respecto de la placa “onda normal”, y por ende, aumentar considerablemente su capacidad resistente a flexión. La canaleta, que vuela entre apoyos sin problemas seis metros, con un canto de tan sólo 30 cm. se desarrolló pensando en la vivienda de los “sin recursos”, tratando de conseguir un elemento universal de manejo manual, que consiguiese de forma simultánea cubrir luces amplias con elementos de mercado de manejo manual.

La difusión no puede constreñirse a la introducción de nuevas máquinas ni a la adopción de nuevos bienes intermediarios. Engloba otras medidas decisivas para adaptar las tecnologías a sus necesidades e incrementar la eficiencia económica utilizando las nuevas tecnologías. Estas tecnologías pueden consistir también en la racionalización del trabajo en obra, en la ejecución de viviendas o en el taller productor de componentes constructivos; en los flujos de suministros de materiales; en la adopción de mejores prácticas de gestión en los talleres; en los gabinetes de proyectos o los servicios comerciales. De forma más general, la noción de difusión de tecnología engloba también el proceso por el cual el conocimiento y el saber hacer técnico se difunden hasta penetrar en la economía cotidiana, también en las respuestas a la vivienda rural aislada. Nos detendremos de nuevo en este tema en el Apartado 5.3.

FIG. 5.1

Portada del Informe de Estructuración del Subprograma CYTED. XIV: Tecnologías para viviendas de interés social, 1987. (SALAS J., 1987, cuatro tomos).



SIETE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN DEL PROGRAMA CYTED

La propuesta de estructuración del Subprograma XIV se concretó en la recomendación de abordar la puesta en funcionamiento paulatino de siete proyectos, que, en opinión del autor, cumplieran en forma simultánea dos características básicas: ser social y económicamente necesarios y contar en el

Área con masa crítica de personal y conocimientos suficientes para su viabilidad.

Los proyectos seleccionados fueron:

- XIV.A. Tecnologías para la construcción a base de madera: caracterización de maderas; optimación de su empleo (durabilidad y piroresistencia); soluciones constructivas a base de componentes de madera.
- XIV.B. Elementos, componentes y sistemas constructivos para su empleo en viviendas crecedoras y/o mejorables mediante autoconstrucción o ayuda mutua: en situación urbana y en el ámbito rural.
- XIV.C. Tecnologías para la construcción a base de tierra: optimización del empleo de tierra (resistencia, comportamiento ante la humedad, tratamiento de paramentos, etc.). Soluciones específicas constructivas y estructurales para su utilización en zonas con alta sismicidad potencial.
- XIV.D. Desarrollo, experimentación y evaluación de tecnologías apropiadas para la mejora y consolidación de asentamientos populares espontáneos. Construcción y valorización de soluciones habitacionales y servicios comunitarios.
- XIV.E. Desarrollo de acuerdos de compatibilización, coordinación y de prestaciones funcionales de elementos, subsistemas y sistemas constructivos, para viviendas de interés social, mediante tecnología libre a base de elementos prefabricados utilizando la capacidad instalada en el área.
- XIV.F. Soluciones de cubiertas a base de elementos ligeros realizados prioritariamente mediante materiales y/o subproductos locales capaces de sustituir las placas usuales (asbesto-cemento y/o zinc).
- XIV.G. Optimización de procesos de producción y de empleo del cemento portland. Caracterización tecnológica de adiciones y de hormigones a base de cementos con adiciones.

(Propuestas elaboradas por SALAS J., 1987).

Acotaciones a la tecnología “pertinente” (“apropiada y apropiable”)

El tema merece algunas acotaciones previas que se estiman pertinentes sobre qué entender por tecnología en el contexto de la habitabilidad básica más que vivienda. Sin entrar en mayores matizaciones, ofrecemos como definición de técnica en sentido laxo la propuesta por Ortega y Gasset (ORTEGA J., 1952):

La técnica es el esfuerzo para ahorrar esfuerzo. Aquello a lo que dedicamos el esfuerzo para inventar y ejecutar un plan para: asegurar la satisfacción de las necesidades elementales; lograrlo con el mínimo esfuerzo; crear objetos que no hay en la naturaleza y caminar con ella —con la técnica— hacia la vida buena y la emancipación humana.

Y terminaba Ortega ratificando que la técnica “(...) debe de estar siempre al servicio de lo propiamente humano”.

Berreta, fundador del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) de Córdoba, Argentina, traducía y simplificaba la definición de Ortega al aplicarla a las tecnologías para las viviendas de las clases populares, a las que pedía “(...) que sean capaces de prolongar el brazo del hombre para la subsistencia y el inicio de un generalizable desarrollo material y espiritual”, y que nosotros nos permitimos visualizar mediante la Fig. 5.2.

FIG. 5.2

Manejo manual de pequeños paneles de hormigón de 3 cm de espesor, del sistema venezolano “Sancocho” para la autoconstrucción de viviendas aisladas de una planta. (Foto: J. Salas).



5.2

DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

REFLEXIONES DESDE EL SECTOR DEL HÁBITAT POPULAR LATINOAMERICANO

A Horacio Berreta y al CEVE, por sus treinta años de práctica y testimonio en el tema.

Matizaciones a la tecnología y su transferencia.

Existen multitud de definiciones de *tecnología* y de *transferencia*, su bondad depende del contexto y circunstancias en las que han de utilizarse. El ámbito al que se dirige nuestro trabajo es nítido: el hábitat popular latinoamericano, en su acepción más amplia y abarcando en cualquier caso, tanto los productos (físicos, tangibles) como los procesos utilizados para su consecución (procesos organizativos, sociales, de formación,...), difusión y transferencia de resultados innovadores de procesos y/o productos.

En el sector del hábitat popular se practica más la *difusión* de tecnologías que lo que suele conocerse como *transferencia*. La elección es parte de nuestra hipótesis de partida que defenderemos e intentaremos fundamentar a lo largo del trabajo.

No entendemos la tecnología como la define el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española "(...) conjunto de conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial". Tampoco nos identificamos con los que la consideran como conjunto de máquinas, herramientas o equipos materiales — lo que llamaríamos hoy *hardware*—, pese a las connotaciones de prestigio, modernidad y progreso que suelen concitar este posicionamiento en el sector de la producción de viviendas. Valoramos muy positivamente como tecnologías del hábitat popular los aspectos de organización, planificación, racionalización de procesos, programación de suministros... aspectos blandos de una tecnología que en su conjunto se acerca a lo que se entiende como *software*, pero para el que preferimos acuñar un nuevo barbarismo: "ordware" o plasmación práctica del orden.

El "ordware" lo acuñamos sin más pretensión que la de materializar el orden en lo general y en lo particular, en lo grande y en los detalles. El orden como fuente de racionalización de tareas, minimización de desechos, coordinación de oficios... No es una meta fácil en el mundo de la construcción. Para que el personal y los equipos funcionen al unísono, hay que poner los medios y no desfallecer. Se necesitan: puestos de trabajo estables, formación profesional

continua, órdenes escritas y precisas, salarios dignos... Asignamos una gran importancia al “ordware” en los procesos de racionalización del hábitat por la escasez de la inversión necesaria y altísima rentabilidad que puede obtenerse de su aplicación. El “ordware” nos parece un primer paso obligado en la *industrialización posible* (SALAS J.,2000).

Como síntesis de lo anterior, y sin llegar a formularlo como definición cerrada, entendemos por tecnología habitacional la **combinación de procesos, materiales, equipos y conocimientos destinados a la producción de viviendas.**

Aceptamos, sin entusiasmo, la expresión “transferencia tecnológica”. Estaríamos más conformes con denominarla pura y llanamente: compra-venta de tecnología. En cualquier caso, el mercado de tecnologías nace de la desigualdad entre los que la poseen y los que no la tienen. La transferencia surge mayoritariamente de las diferencias entre países desarrollados y subdesarrollados. Proponemos diferenciar entre *transferencia vertical*, cuando el trasvase se hace desde el ámbito de la teoría al de la práctica (de la universidad, centro de investigación,... a la empresa) y *transferencia horizontal*, cuando se realiza entre diferentes sectores productivos, diferentes países, o incluso, entre empresas distintas del mismo sector.

Nos parece plenamente vigente en los sectores que conforman el hábitat en su sentido más amplio (planeamiento urbano, habitabilidad básica, vivienda, producción de materiales y componentes, transporte, servicios...) el concepto de *código genético de las tecnologías*, en el sentido que lo acuñó K. Reddy (REDDY, 1978) al afirmar

(...) que toda opción tecnológica parece disponer de un código genético, de tal forma que cuando en condiciones favorables consigue implantarse dicha tecnología en un nuevo medio, tiende a reproducir las condiciones socioculturales en las que se gestó.

Rechazamos la denominación “tecnología apropiada” por equívoca y conceptualmente nociva. No conocemos tecnología alguna que en forma genérica, y a priori, merezca tal calificativo. Ninguna tecnología merece esta denominación, si antes no se ha contrastado su validez e idoneidad en un determinado contexto. En el sector del hábitat popular en Latinoamérica, se ha abusado del empleo de esta denominación. La concurrencia de algunas características consideradas emblemáticas (empleo intensivo de materiales autóctonos; utilización de mano de obra semi-voluntaria o sub-remunerada; participación activa de los usuarios;...) ha sido, en no pocos casos, razón suficiente para adjudicarle la categoría de “apropiada” a una tecnología, marginando otros criterios de mayor importancia, por ejemplo: relación costo/calidad; durabilidad de lo ejecutado; minimización del desperdicio de materiales; facilidad de apropiación; posibilidad de utilización en escalas diversas, etc.

Pese a no ser partidario de la denominación “tecnología apropiada” sin matizaciones, y reconociendo que así es conocida y aceptada por muchos en Latinoamérica, recogemos en la Tabla 5.1, algunos de los rasgos con la que los especialistas suelen caracterizarla:

TABLA 5.1
ALGUNOS RASGOS DE LA “TECNOLOGÍA APROPIADA”

Tecnología sencilla	Basada en un cúmulo de conocimientos populares
Tecnología intermedia	Entre lo tradicional y lo innovador
Tecnología de poco costo	Relación entre la inversión necesaria para la creación de un puesto de trabajo y el salario anual del mismo, del orden de 1/1 a 3/1
Tecnología blanda	No destructora, que procura un equilibrio con el medio ambiente
Tecnología asimilable	Transforma lo adquirido, lo adapta y puede llegar a superarlo
Tecnología de escala adecuada	Entre la pequeña y la gran producción

Fuente: el autor.

En los sectores productivos avanzados⁶² se utiliza el concepto de “apropiabilidad” de una tecnología en forma distinta a como se hace en el hábitat, es decir, como la forma mediante la cual los nuevos conocimientos o tecnologías creados por una empresa o institución son susceptibles de transformarse en accesibles para otras, ya sea en la misma o diferente rama de producción, en el país de gestación o en otro distinto.

Aspectos prácticos de la difusión de tecnologías.

La difusión, según la OCDE, comprende (OCDE, 1992):

la adopción de la innovación por otros utilizadores, así como la ampliación de su empleo por el innovador inicial, es decir, todas las acciones promovidas por la empresa o la organización para explotar las ventajas económicas de la innovación.

Difusión no es, obviamente, la introducción de nuevas máquinas en talleres u oficinas, ni la simple adopción de nuevos bienes por las empresas. Comprende otras medidas decisivas tomadas por las empresas para adaptar las tecnologías a sus necesidades e incrementar la eficiencia económica mediante la utilización de nuevas tecnologías. Estas tecnologías también pueden consistir —insistimos nuevamente— en la organización del trabajo, tanto en las obras como en los talleres productores de componentes constructivos; en los flujos de suministros de materiales; en la adopción de prácticas innovadoras de gestión; en la racionalización del trabajo de proyecto; la informatización de los servicios comerciales... De forma general, la noción de

62 A lo largo del trabajo, aún conscientes de que no son homólogas, utilizaremos en forma indistinta las expresiones *empresa* e *institución*. La finalidad o no del lucro en su actividad, a efectos de la difusión de resultados de la innovación, no resulta una característica esencial y sí que lo es, en nuestra opinión, la de perseguir idéntica finalidad: la producción de viviendas (sector formal) y/o soluciones habitacionales (sector informal).

difusión de tecnología también comprende las de “proceso” mediante las cuales el “saber hacer” se transmite y permeabiliza la economía.

Una diferencia práctica entre transferencia y difusión de tecnología, se encuentra en el hecho, nada baladí por cierto, de que la transferencia supone casi siempre “costes de adquisición y de adopción”, mientras que la difusión sólo ocasiona costes de adopción. Toda adopción de tecnología implica transformaciones por tratarse de un proceso de innovación. En la base de la cuestión que se comenta reside una característica fundamental, la diferenciación entre dos tipos de difusión tecnológica: tecnología “no incorporada” e “incorporada” a los equipos. En el primer caso, la tecnología y el “saber hacer” se difunden por canales distintos a los utilizados por el segundo, que suelen implicar nuevos equipos y máquinas. La difusión de la tecnología no incorporada tiene su origen en los procesos de innovación y en los “excedentes de la investigación⁶³” fenómeno que ocurre cuando la empresa u organización que pone a punto una nueva idea o procedimiento, no consigue monopolizar la totalidad de los resultados derivados de su innovación. La difusión de tecnología incorporada a los equipos, por contra, sigue el proceso por el cual las innovaciones se difunden como resultado de relaciones económicas previas, a través de la compra de maquinaria, de componentes o de otros equipos con fuerte contenido tecnológico.

En nuestra opinión, los cauces posibles y reales para la difusión de tecnología no incorporada en el sector del hábitat popular en Latinoamérica, son aún lo suficientemente amplios, ricos y se encuentran tan “a la mano”, como para defender su adopción como meta preferente, aunque no exclusiva. Esta es parte de la tesis que defendemos a lo largo de este Capítulo 5, siendo partidarios de vigorizar su alimentación e incrementar la accesibilidad a la información disponible que pueda distribuirse por este medio: la difusión de tecnología no incorporada de proceso y de producto, tiene ante sí un largo camino por recorrer en el sector del hábitat popular latinoamericano.

¿Qué entender por tecnología e innovación?

- **Tecnología.** Para matizar qué entendemos por tecnología, optamos por hacerlo de manera concisa, acotando seis aspectos o facetas del tema: la tecnología como producto, su mercado, distribución, promoción, precio y negociación de su transferencia. El conjunto de aspectos enumerados, centrados en la “Tecnología de producto”, pretende cimentar este concepto clave, previo a la práctica de su difusión y transferencia. Obviamente, sin tecnología —por elemental que sea— no hay difusión y/o transferencia. En la Tabla 5.2 se recogen las matizaciones a las seis facetas de la misma (SALAS, 2000, b).

63 La expresión “excedentes de la investigación” no termina de satisfacernos. El concepto que pretende reflejar puede que tenga mejor traducción como “rebalse de resultados de la investigación”, en el sentido que se utiliza en Latinoamérica al referirse en economía al “rebalse del desarrollo”, como posibilidad de que sus beneficios lleguen a las clases populares. En cualquier caso, nos referimos al concepto que en inglés se traduce como *spillover* y en francés como *retombée de la recherche*.

TABLA 5.2
SEIS ACOTACIONES DE QUE ENTENDER POR “TECNOLOGÍA”

A. LA TECNOLOGÍA COMO PRODUCTO	
Conjunto de conocimientos susceptibles de ser transferidos a terceros (en forma de patente; “know-how” organizativo, de producción o comercial; diseño, cálculos y/o planos de un producto; asistencia técnica para el desarrollo de una patente; formación y entrenamiento de personal; etc.)	
DESDE LA ÓPTICA DEL CEDENTE:	DESDE LA ÓPTICA DEL RECEPTOR:
<ul style="list-style-type: none"> • deberá explicitar y documentar los productos tecnológicos que desea transferir; • en ocasiones, la familiaridad del cedente con “su” tecnología dificulta la definición de ésta; • deberá contemplar la necesidad de adecuar/adaptar dicha tecnología a nuevas condiciones de utilización; • cuidar la protección de sus derechos ante terceros. 	<ul style="list-style-type: none"> deberá concretar cuáles son sus necesidades de apoyo externo y en qué productos tecnológicos pueden concretarse: • la tecnología propia del fabricante del producto; • la del fabricante de las máquinas y los equipos para su producción; • la ingeniería y/o organización de la planta; otras.
B. EL MERCADO	
SE TRATA DE UN MERCADO IMPERFECTO:	UN MERCADO POCO TRANSPARENTE:
<ul style="list-style-type: none"> • no es un mercado de oferta continua sino puntual; • la cantidad de tecnología que se ofrece no depende del precio; • no se cede a cualquier posible receptor que pueda pagarla; • denota, en ocasiones, un fuerte desequilibrio entre oferta (escasa) y demanda (alta). 	<ul style="list-style-type: none"> • cuando se solicitan determinados conocimientos concretos, no es fácil detectar la oferta potencial y menos aún la adecuada; • la oferta, cuando se explicita, suele hacerse para un número limitado de usos; • el precio no se fija por las reglas del mercado, sino que generalmente se fija caso a caso; • el precio no es un dato fijo de salida sino una variable cambiante durante la negociación.
C. LA DISTRIBUCIÓN	
CARACTERÍSTICA FUNDAMENTAL:	ALGUNOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN:
Por tratarse de un “producto intangible”, en un mercado como el descrito, los canales de distribución de tecnologías para el hábitat popular suelen ser escasos en número y poco sofisticados.	<ul style="list-style-type: none"> • Intermediarios tecnológicos (agentes o “brokers”) que actúan en canales de distribución y/o búsqueda para la compra/venta de tecnología; • Bancos de datos (recopilaciones; portafolios de tecnologías: sectoriales, regionales, de empresas,...gratuitos o no); • Catálogos de tecnologías (modalidad en el soporte impreso de los bancos tecnológicos); • Entidades promotoras con/sin fines de lucro.
D. LA PROMOCIÓN	
CARACTERÍSTICAS:	MECANISMOS DE PROMOCIÓN:
Las empresas y/o instituciones potenciales demandantes de tecnologías suelen tener “antenas de captación” para detectar tecnología libre utilizando: catálogos; publicaciones; seminarios; ferias de muestras; contactos con científicos o tecnólogos; proveedores;...	<p>Desde bien reciente: mediante los servicios de bancos de negocios; registros de patentes; organismos públicos o privados creados para este fin; oficinas comerciales nacionales de promoción...</p> <p>En la actualidad: jornadas monográficas de transferencia de tecnologías; exhibiciones de divulgación; “business centres”...</p>

E. EL PRECIO

Es sin duda, uno de los componentes más difíciles de acotar. Suele fijarse operación por operación y surge como resultado de cada negociación.

SEGÚN EL RECEPTOR:

- Debería tener un precio bajo ya que (a diferencia de cualquier bien físico) se vende sin que el "cedente" pierda su posesión;
- Que sea equivalente a los costos directamente imputables por planos, manuales, sesiones de entrenamiento de personal, prototipos, plantas piloto,...
- En opinión de otros, el valor de la tecnología debería ser aquel que para un volumen de negocio posible –gracias a su adquisición– asegure un margen de contribución que permita alcanzar la rentabilidad objetivo.

SEGÚN EL CEDENTE:

- Debería resarcirse con su venta una parte de su inversión en I+D+i;
- equivalente al coste que le supondría al receptor generar dicha tecnología;
- un valor función de la evaluación del mercado y de los probables beneficios futuros del receptor;
- un canon o regalía equivalente a lo que significa para el cedente los gastos de I+D+i en relación con su cifra total de negocios;
- en cualquier caso: la valoración más alta que pueda conseguir.

F. LA NEGOCIACIÓN

- la negociación de una compra/venta de tecnología (en ocasiones un intangible) presenta las dificultades propias de la negociación de cualquier servicio (consultoría, seguro, programa de software, curso de formación,...);
- en las operaciones de transferencia se adquiere una "promesa": la de poder alcanzar con ella unos determinados objetivos;
- en ocasiones, la confianza y el conocimiento mutuo entre cedente-receptor lleva a realizar una inversión conjunta en lugar de una transferencia: *si tan buena es, si tan seguro está... hagámoslo juntos*;
- la información correcta y suficiente por el cedente al receptor, es el camino para generar confianza e iniciar otra etapa de la negociación, la firma de una carta de intenciones,...

- **Innovación.** Para las empresas, el desarrollo de tecnologías no constituye un objetivo prioritario de su actividad, sino un medio instrumental para innovar. Sí es objetivo fundamental de las empresas, también de las constructoras, el proceso por el cual transforman sus productos. La innovación genera beneficios, permite aumentar la capacidad competitiva, mejorar la compensación financiera y aumentar la rentabilidad del capital. Esto, es válido también en la construcción del hábitat popular cuando se aborda desde la formalidad. Compartimos la opinión de COTEC (COTEC, 1998):

La innovación es el motor del crecimiento de la empresa y, por ello se establece en la empresa como proceso permanente que da sentido a toda su actividad

y la define como

Proceso complejo que lleva las ideas al mercado en forma de nuevos o mejorados productos, soluciones o servicios.

Modalidades de transferencia de tecnología

Las diversas modalidades de transferir tecnologías, suponen impactos diferentes sobre el grado de asimilación de las mismas⁶⁴ (ver nota 3). Trabajos clásicos sobre el tema, que no suelen referirse a la edificación, identifican cinco canales o procesos de transferencia tecnológica:

- **Las inversiones extranjeras directas** —en adelante I.E.D.— y las **“joint-ventures”** (Ver nota 65) valoran la tecnología como una aportación cuantificable que se incorpora como parte del patrimonio de la nueva sociedad.
- **Los acuerdos de licencia**, para adquirir conocimientos sobre procesos productivos, productos, capacidad gerencial, servicios técnicos, utilización de marcas, suministro de insumos básicos...
- **La adquisición de bienes de capital y tecnología incorporada**, es el canal más utilizado por las Pymes para la transferencia de tecnología. Su utilización en el hábitat popular no es significativa, con la excepción de algunos sistemas o subsistemas industrializados de vivienda.
- **La adquisición de conocimientos específicos**, patentes, proyectos, etc.;
- **La movilidad de recursos humanos.**

Hasta aquí la clasificación clásica, a la que proponemos agregar dos modalidades complementarias, atendiendo a su frecuencia de uso en el marco específico del hábitat popular:

- **Difusión en el país generador de tecnología no incorporada;**
- **Difusión Sur-Sur de tecnología no incorporada.**

Actores y mecanismos

La difusión de tecnología no incorporada puede y debe hacerse de manera no voluntarista, del modo y manera en que las empresas venden sus derechos sobre una patente o licencia de explotación de una innovación. Al igual que propugnamos que no hay peor vivienda que la que se regala, creemos que no hay difusión de tecnología menos provechosa que la que no se demanda, ya que si bien es cierto que no supone coste de adquisición, si que requiere un determinado coste de adopción, por pequeño que este sea.

La difusión de conocimientos puede adoptar múltiples vías:

- Mediante **reingeniería**, cuando una empresa trata de imitar los productos de la competencia. En el caso del hábitat podría asimilarse a la posición del proyectista que se propone conocer y reproducir con adaptaciones una realización innovadora de éxito.

⁶⁴ Pese a que desde antiguo existe la expresión castellana “empresas de riesgo compartido”, que se ajusta perfectamente al concepto que se quiere expresar, no cabe duda que la expresión “joint venture” se ha universalizado en su empleo, razón por la que las utilizaremos indistintamente.

- A base de **realizaciones-piloto** demostrativas, **parques de soluciones tecnológicas**, viviendas construidas “a la vista” ...
- Como parte del conocimiento que transfieren los **recursos humanos** por su movilidad entre diferentes puestos de trabajo;
- Resultado de **alianzas empresariales**, fusiones, toma de participaciones, creación de empresas mixtas y otras formas de cooperación entre empresas.
- **“Difusión libre”** en forma de conferencias, revistas especializadas, seminarios, cursos teórico y/o prácticos, catálogos o descripciones de patentes; etc.

La “velocidad de adopción” de una tecnología transferida suele ser función de sus características pero esencialmente depende de la rentabilidad esperada y del plazo de amortización. La confidencialidad, difícil de guardar debido a la movilidad del personal y a que en el caso del hábitat, las realizaciones se ejecutan y quedan siempre “a la vista”.

La tecnología constructiva del hábitat popular, puede difundirse entre técnicos y especialistas mediante procedimientos clásicos (memorias, planos, procesos de cálculo, maquetas, videos,...) pero la difusión del productor al usuario, si se quiere que sea real, no hay nada más recomendable que la difusión “táctil”: modelos a escala real, con materiales reales, prestaciones reales... soluciones que puedan ser visitadas (“habitadas”, aunque sea por unos minutos) y palpadas, tocadas.

Excedentes de la investigación

Cohen y Levinthal (COHEN,1992) los definen como “cualquier conocimiento original útil adquirido en el marco de la investigación que se convierte en públicamente accesible, se trate de un conocimiento caracterizador y decisivo de una innovación, o de conocimientos de naturaleza no decisiva...”. Supone la posibilidad de utilizar conocimientos creados por otros sin tener que pagar nada a cambio por su explotación o uso. Ello se debe al hecho de que la innovación presenta ciertas características propias de los bienes públicos. Remitimos a los interesados en este concepto fundamental y polémico a la opinión de UNESCO (UNESCO, 1998) desarrollada en el trabajo “La ciencia como bien público y como bien de mercado”⁶⁵. El excedente de la investigación

65 LA CIENCIA COMO BIEN PÚBLICO Y LA CIENCIA COMO BIEN DE MERCADO
Estas dos percepciones de la ciencia se basan en distintos esquemas: revelación, conocimiento abierto y libre circulación de información por una parte y, por otra, propiedad intelectual y la noción del conocimiento como propiedad privada, con la subsiguiente retención de la información. La ciencia constituye un aspecto importante de nuestro patrimonio cultural; históricamente desempeñó una función progresista en el desarrollo socioeconómico. En el proceso actual de internacionalización, el concepto de la ciencia como bien de mercado ha influido en los países en desarrollo, poniendo en tela de juicio el concepto predominante de la ciencia como bien público, lo que tendrá consecuencias a largo plazo en la estructura de sus sistemas de investigación científica. Efectivamente, plantea un serio problema en países donde más del 80% de la investigación y el desarrollo es financiado por el

lo consideran algunos como una pérdida o disminución injustificada de beneficios para el innovador. Es por ello, que las innovaciones benefician no solo a las empresas que las crean, razón por la que el conocimiento es propenso a desarrollarse de manera rápida y acumulativa.

La contribución del excedente de la investigación en los procesos de innovación es una de las razones fundamentales en las que se sustentan y enriquecen las redes de cooperación formales o informales. El carácter de bien público de la innovación hace de ella una actividad que comporta muchos elementos de “creación colectiva”. La creación de conocimientos de una empresa o sector empresarial depende no sólo de sus esfuerzos en investigación propia sino también de los externos, es decir, del conjunto de conocimientos a su disposición.

Coincidimos con Pavitt (PAVITT, 1988) cuando afirma que la innovación y la difusión aparecen como las dos caras de la misma moneda, en el sentido que la innovación alimenta a la difusión, que a su vez influye en la actividad innovadora. Si bien es cierto que los excedentes de la investigación alimentan los flujos de difusión de tecnología no incorporada, son los esfuerzos de las empresas e instituciones receptoras las que determinan en que medida las innovaciones desarrolladas fuera se incorporan de forma efectiva en los procesos de producción.

Los llamados sistemas de I+D+i pretenden jugar un doble papel: facilitar la puesta a punto de un producto o creación de nuevas ideas para proporcionar la capacidad para anticiparse y sumarse a futuras evoluciones. Los dos papeles de la I+D marchan a la par, ya que la adopción de nuevas tecnologías presupone una determinada e imprescindible capacidad de absorción, por pequeña que ésta sea.

Las empresas que no poseen medios de investigación –prácticamente todas las del subsector que es objeto prioritario de este libro- tienen necesidad de dotarse de una determinada capacidad de absorción para participar en las redes y obtener parte del “flujo de difusión de la información” que en el caso del hábitat popular puede llegar a ser un componente dinamizador de la innovación de gran importancia y bajo costo.

gobierno. A medida que los mecanismos de los intereses comerciales del mercado que rigen la “ciencia privada” se aplica cada vez más para regular la investigación en los organismos financiados por el Estado, se producen recortes en los presupuestos para investigación de bienestar social, educación, salud, investigación de riesgos y otras a pequeña escala en el sector económico que goza de una legitimidad bajo el ideal de la ciencia como bien público. El mundo en desarrollo se encuentra cada vez más atrapado en un dilema. Por una parte, reacciona ante las fuerzas del mercado en el contexto de la globalización y, por otra, mantiene las actividades de investigación en aras del bien público. Relegar la idea de la ciencia como bien público a costa de la ciencia orientada al mercado puede acarrear peligrosas consecuencias para los países en desarrollo. Si la experiencia del Asia Oriental puede tenerse en cuenta, el mensaje es transparente: el Estado debe asumir gran parte de la responsabilidad e intervenir para equilibrar ambas políticas y asegurar el mantenimiento de la ciencia como bien público hasta que la sociedad pueda absorber los impactos producidos por las fuerzas del mercado. (Tomado del libro de UNESCO: “Informe mundial sobre la ciencia, 1998”)

Redes de cooperación, difusión, innovación...

Las redes de cooperación, en su sentido más laxo, son asociaciones de personas físicas o jurídicas que tienen como objetivo la consecución de resultados previamente acordados (cooperación, difusión, innovación,...) mediante la participación y colaboración mutua.

En el Programa Latinoamericano CYTED, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, del que nos hemos ocupado en detalle al inicio de este Capítulo, concurrieron un buen número de ejemplos de redes temáticas, ampliamente desarrolladas en el ámbito iberoamericano. En dichas redes temáticas no suele haber un proyecto de investigación común, sino la integración de intereses de los asociados en torno a un objetivo que se acota mediante una gama de actividades, como: intercambio de información y experiencias, creación de bases de datos, movilidad de los participantes, formación de recursos humanos, capacitación y homologación metodológica, coordinación de líneas de trabajo, transferencia de conocimientos y tecnologías... que pueden generar nuevos proyectos conjuntos de investigación.

Una dificultad suele surgir del desigual compromiso de los participantes, su incumplimiento erosiona el interés de los participantes y puede llegar a destruir las posibilidades que ofrece un espacio para la cooperación, construido sobre la base de la voluntariedad y el beneficio mutuo.

Las redes temáticas CYTED fueron asociaciones de unidades de investigación cuyos intereses científicos y actividades guardan relación con el tema seleccionado por y para la Red. Los objetivos de las Redes Temáticas son los de propiciar entre las unidades o grupos asociadas:

- Interacciones científicas estables y continuadas.
- Intercambios de información científica y técnica.
- La potenciación sinérgica y la coordinación de sus líneas de I+D.
- Intercambios y movilidad del personal investigador.
- La formación de recursos humanos.
- La capacitación técnica y metodológica.
- El diseño de Proyectos de Investigación Precompetitiva y de Innovación.
- Acciones viables de difusión y transferencia tecnológica.

En ámbitos de actuación muy innovadores, las redes llegan a contar con soportes físicos en los parques tecnológicos o científicos. En el ámbito del hábitat popular, hemos de destacar el excelente papel que para los usuarios individuales, pero fundamentalmente para colectividades, pueden jugar los proyectos-piloto, las realizaciones experimentales y de forma notable los “parques demostrativos de soluciones habitacionales”, del que sólo conocimos el de “Minuto de Dios” en la ciudad de Bogotá, y que siempre nos pareció un ejemplo práctico loable.

5.3

NUEVE SALTOS TECNOLÓGICOS A MODO DE TRANSFERENCIAS LIBRES Y GRATUÍTAS

Introducción

El autor, titulado originariamente en ingeniería industrial, ha conservado una cierta curiosidad sobre las formas como se transmiten o transfieren los conocimientos en los diferentes sectores productivos, transferencias que suponen cifras multimillonarias de dólares y que en general se realizan normalmente bajo unas condiciones drásticas de sigilo y secretismo entre las partes⁶⁶. En algún momento me ocupé transitoriamente de una faceta de mi profesión para la que no me había preparado previamente: la creación de OTRI's, Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación. Aquello quedó rezagado, pero hoy, al pretender enfrentarme a la transferencia de tecnologías en el sector que nos ocupa: las viviendas realizadas con "recursos escasos" en Latinoamérica, he estimado que podía ser de interés para algún sector de nuestros potenciales lectores, darle "luz y taquígrafos" a lo que he visto, en lo que he participado a lo largo y ancho de la geografía latinoamericana.

No voy a descubrir nada que no sepan, simplemente voy a tratar de seguirle "la pista" al empleo, aquí y ahora, al **ladrillo cerámico**. Dice la historia del arte que los asirios construían casi tanto como hacían la guerra, y eran grandes guerreros. Cada soberano asirio se quiso construir su propio palacio edificado para la gloria de Asur... los asirios construían con ladrillos y adobe a imitación de los caldeos y sólo echaban mano de la piedra para revestimientos de muros y para las bases de los edificios, los cuales fueron principalmente torres y palacios.

Comentarios y enseñanzas de la Tabla 5.3

Pues bien, tuve la suerte de conocer al ingeniero Eladio Dieste, allá por el año 1987, después de haber visitado algunas de sus extraordinarias obras, "¡de ladrillo visto!". Me recibió con extraordinaria sencillez y durante el almuerzo me

⁶⁶ Dudo de si procede traer a colación en este momento, el "dicho" que se repetía con tono jocoso en estos medios. Se decía que cuando en una gran empresa de tecnología de punta, los técnicos o departamentos de I+D+i presentaban algunos "buenos resultados" a su gerentes, estos le aconsejaban publicarlo en alguna revista de impacto; si consideraban que los resultados eran "MUY buenos", daban ordenes de patentarlo; pero si realmente los juzgaban de "excelentes", procedían a guardarlos en la caja fuerte de la empresa, hasta nueva orden.

comentó su pasión por la “cerámica armada”, quedé impresionado por su humanidad. Una década después, 1997, la Junta de Andalucía publicó su obra y sus teorías. Vemos en ello la materialización de lo que llamaremos “salto tecnológico” (Ver Salto 1 de la Tabla 5.3 que sigue).

Dieste, como no todos saben, nació y trabajó en Uruguay, cuando la FUCUAM, la Federación Uruguaya de Cooperativas de Viviendas por Ayuda Mutua, ya era una institución grande y potente en un país chiquito. En el paso, salto o transferencia entre Dieste y la FUCUAM, vemos la gran importancia de pasar del ladrillo de los asirios a la placa o panel prefabricado. Un salto tremendo que supone “meter en el oficio de la construcción” a miles de mujeres y hombres que nunca habían hecho una pared vertical... la empezaron a hacer horizontal y luego la ponían de pié (Ver Salto 2).

El río Paraná es uno de los ríos más anchos de América del Sur, dice Wikipedia que moviliza un caudal colosal de 16.000 metros cúbicos por segundo, pero no es suficiente para separar a la FUCUAM (Uruguay) del CEVE (Argentina). De la estrecha relación fraternal entre ambas instituciones nació el sistema BENO, resultado de transformar un componente —el panel FUCUAM— con la dedicación de un excelente equipo de técnicos cordobeses, en un “sistema abierto y/o cerrado”, según la demanda: el BENO. Un sistema capaz de materializar la idea de Horacio Berreta: “la vivienda semilla” (Ver Salto 3).

¿Cómo liberarnos de la estructura resistente “añadida” en la que apoyar la pequeña cubierta de las viviendas de las clases populares? La pregunta también se la formulaba al mismo tiempo desde otras coordenadas Álvaro Ortega, buscaba otra resolución al mismo problema dando a luz “la placa gran onda”. ¿Cómo hacer una placa gran onda con el ladrillo de los asirios?... en el CEVE plegaron la placa plana y con las mismas manos y los mismo materiales, pusieron en el mercado al servicio de la construcción “la batea”, una viga resistente con forma y funciones de canalón para evacuar las grandes lluvias (Ver Salto 4).

La generosidad que suele ser estandarte de los *viviendistas* y de sus organizaciones, hizo que al inicio de los años noventa del pasado siglo, (ya disponíamos de equipos para enviarnos “fax” entre los grupos CYTED), el GRET, una gran ONG francesa interesada en la construcción del hábitat de los más necesitados y estudiosa de sus tecnologías... tomó contacto con el CEVE y se pusieron mano a la obra para hacer ¡1200 viviendas! en el Brasil de la pobreza, en Patacuba. Se trataba de realizar soluciones habitacionales de muy bajo coste, menos de 1.000 \$USA del momento y en un corto plazo de tiempo.

La transferencia Córdoba-Patacuba se hizo oralmente, frente a frente, del CEVE se trasladó el arquitecto Dante Pipa con su “saber-hacer”, con las experiencias CEVE en forma de manuales y pusieron en funcionamiento, lo que me permití bautizar como “industrialización sin industria”. Talleres al aire libre que con muy poca inversión, intensivos en mano de obra, permiten cumplir con el reto y ser premiados en HABITAT II (Ver Salto 5).

El fenómeno del “Mitch” en 1998 asoló Centroamérica y según datos oficiales: en Honduras se estimaron en más de 5 mil el número de muertos; en Nicaragua, 1040; en El Salvador, 144; en Guatemala, más de 100; mientras que en Costa Rica y Panamá, 8; y casi un millón de damnificados en todo el

Istmo. En Sevilla, la ONG “Arquitectura y Compromiso Social”, muy ligada a la Escuela de Arquitectura con el Prof. de Manuel a la cabeza, se movilizó consiguiendo financiación de la Junta de Andalucía y el “saber hacer y la generosidad” del profesor de la UNAM de México González Lobo y deciden dotar de “gran galpón” a los 30 maestros de “Las Garzas”, Nicaragua, que habían perdido sus viviendas.

Si en el CEVE decidieron “plegar” la placa que las cooperativistas uruguayas hacían en un suelo plano, en “Las Garzas” le dieron curvatura; todo consiste en poner en marcha lo que el Prof. González Lobo viene haciendo sobre un suelo curvo para conseguir su objetivo: “espacio máximo-coste mínimo” (Ver Salto 6).

Mientras lo comentado ocurre, estamos ya en 1998, el ICHaB sigue dictando sus cursos de “Cooperación para el Desarrollo de Asentamientos Precarios”, y contando con la “transferencia oral de conocimientos” del Arquitecto Aurelio Ferrero, el Curso decidió incorporar trabajos prácticos en los que los participantes realizaran, con sus manos, los elementos a base de los ladrillos asirios. En nuestro caso, producidos en modernas empresas cerámicas automatizadas, pero “ladrillos asirios” al fin y al cabo.

Estamos en el siglo XXI, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja nos abre las puertas y, con la ayuda del arquitecto Oteiza, empezamos a realizar ensayos de rotura de los elementos ejecutados por las alumnas y alumnos. Los resultados son más que sorprendentes y se divulgan, es una transferencia diáfana, sin pago de “know how”. (Ver Salto 7).

En 2008, desde Portugal, el maestro Siza, lanzaba un concurso internacional de arquitectura para Luanda, Angola, que denominó “A house in Luanda. Patio and Pavillion”. Sus bases nos entusiasmaron en el ICHaB, hablábamos idéntico lenguaje: viviendas por autoconstrucción, con la participación de las mujeres, viviendas crecederas, con materiales autóctonos... soluciones que impulsaran el desarrollo del país. Conformamos un equipo de profesores y alumnos africanos de nuestro curso. Sabíamos que en Luanda había “restos” de las plantas de producción de “ladrillos asirios” instaladas y abandonadas por sus propietarios portugueses... Nuestra idea era fomentar el desarrollo resucitando las instalaciones muertas. Nos creímos el eslogan de la convocatoria que decía: “(...) falemos de 1 milhao de vivendas...”, propusimos soluciones sobre las bases de lo que sabíamos de las experiencias latinoamericanas.

Nos pusimos mano a la obra, con conocimientos e ilusión, pero nuestra propuesta se debió perder. Es lo que uno piensa cuando no quiere resignarse, entre las 327 de los participantes. Sin duda, debió de haber algunas mejores. Las únicas noticias recibidas fueron por parte de una excelente ex-alumna y amiga Verónica Sánchez, que desde un campo de refugiados del Chad, donde cooperaba realizando escuelas, había enviado un trabajo individual que fue premiado con un accésit (Ver Salto fallido 8).

Hemos dejado para el final la realización del “Conjunto Andalucía”, por ser una especie de compendio de algunos de los anteriores. De nuevo, la cooperación de Andalucía fue sensible a la llamada del alcalde de Santiago que solicitaba

una realización práctica de cómo densificar los miles de “terrenos baldíos” que salpican el damero colonial de la ciudad.

En una parcela de una hectárea, se pasó de 60 infraviviendas para recolectores de cartón a 230 viviendas “crecederas interiormente” mediante autoconstrucción, para los “basureros” y las familias seleccionadas por el Ministerio de la Vivienda de Chile. La participación entusiasta del gran arquitecto Fernando Castillo, llevando “el gran galpón” de Carlos González hasta las últimas consecuencias, permitió dejar en la Ciudad de Santiago una obra de ladrillos asirios, en Chile conocidos con el burocrático nombre de “ladrillos fiscales”, con tecnología de diseño, de proceso y de producto netamente latinoamericanos (Ver Salto 9).

Quedamos en espera de futuros saltos tecnológicos de transferencia **libre y gratuita**.

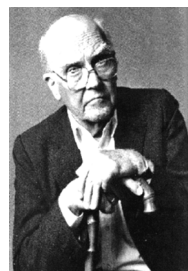
Presentación de la Tabla 5.3. Nueve transferencias libres y gratuitas

SALTO TECNOLÓGICO

De la pieza de ladrillo cerámico a los métodos de cálculo de láminas estructurales para la construcción de obras maestras. Transfirió el dominio teórico de la "cerámica armada" o "cerámica estructural", al empleo en realizaciones de viviendas cooperativas.

SALTO ENTRE ACTORES

De Eladio Dieste al Estudio de E. Dieste



SALTO ENTRE PAÍSES

De Uruguay a Uruguay

SALTO EN EL TIEMPO

De 1950 a 1996

COMENTARIO

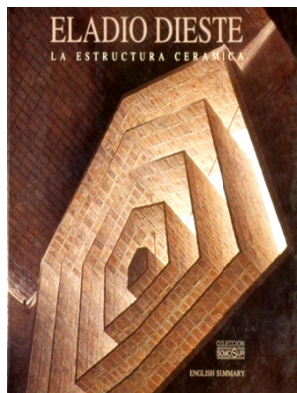
El ingeniero Eladio Dieste, injustamente desconocido fuera de Uruguay, facilitó la transferencia del ladrillo "tradicional" al empleo "no tradicional" del ladrillo.

De manera magistral, Dieste con un profundo conocimiento de las propiedades del ladrillo cocido tradicional y del cálculo de láminas estructurales, con la participación de excelentes maestros albañiles, realizó maravillosas construcciones: iglesias, naves industriales... en Uruguay.

No podemos seguir dando por sentado que el arte, la ciencia y la técnica nos han de venir de fuera. Hasta el gran Unamuno llegó a decir: ¡Que inventen ellos!, aunque estoy seguro de que esa fue una afirmación polémica que estaría dispuesto a rectificar. Yo le hubiese contestado: perdón usted, Don Miguel, pero si inventan ellos mandan ellos. No es moralmente lícito hurtarnos a la vida en ningún campo.

Eladio Dieste.

Bibliografía: ELADIO DIESTE, 1943-2000, Editorial Junta de Andalucía, 330 Págs., Sevilla. 1997.



2

SALTO TECNOLÓGICO

De la pieza de ladrillo cerámico al “elemento prefabricado y modulado a base de ladrillos”.

SALTO ENTRE ACTORES

De Eladio Dieste, a la Federación Uruguaya de Cooperativas de Viviendas por Ayuda Mutua.

SALTO ENTRE PAÍSES

De Uruguay a Uruguay

SALTO EN EL TIEMPO

De la década de los años sesenta del pasado siglo a la actualidad.

COMENTARIO

La FUCUAM, Federación Uruguaya de Cooperativas de Viviendas por Ayuda Mutua, adoptó e inició la producción manual masiva de “componentes” de tabique a base de ladrillo cerámico, en sus realizaciones, lo que permitió racionalizar los procesos constructivos, facilitar la participación en su producción de cooperativistas que nunca habían trabajado en construcción, y conseguir unos rendimientos inusitados.

La FUCUAM es una institución encomiable, con una trayectoria reconocida internacionalmente en el ámbito del cooperativismo, pero también, en opinión del autor, en la utilización de tecnologías constructivas.

La FUCUAM aporta la posibilidad de industrializar “sin industria”. Los / las cooperativistas, sin saber de construcción, producen manualmente en el suelo paneles, que pueden realizar a cubierto durante el invierno, para ser montados tradicionalmente con el buen tiempo.



4

SALTO TECNOLÓGICO

Del panel plano “tipo BENO” al elemento de cubierta tipo “batea”.

SALTO ENTRE ACTORES

Del CEVE a diferentes proyectos en más de diez países latinoamericanos.

SALTO ENTRE PAÍSES

De Argentina a varios países latinoamericanos.

SALTO EN EL TIEMPO

De la década de los años noventa del pasado siglo a la actualidad.

COMENTARIO

El equipo de técnicos del CEVE y entre ellos, los arquitectos A. Ferrero y D. Pipa, pusieron a punto a base de ladrillos de cerámica tradicional, distintos tipos de elementos prefabricados que consiguen conformar una especie de “*sistema industrializado abierto*”, que se completa con ventanas prefabricadas de hormigón...

El paso del ladrillo cerámico a un sistema a base de diferentes tipos de componentes constructivos y de soluciones tecnológicas, conocidas inicialmente como BENO son respuestas de gran dignidad a lo que CEVE bautizó como “viviendas semilla”.

El elemento “batea” se “produce manualmente” con moldes de madera muy sencillos y económicos y puede manejarse manualmente entre dos operarios con ayuda de pequeños equipos auxiliares, para las luces que son usuales en viviendas unifamiliares.



5

SALTO TECNOLÓGICO

Producción industrial sin industria.

SALTO ENTRE ACTORES

Del CEVE a la ONG francesa GRET, para construir por autoconstrucción más de mil viviendas en Patacuba (Brasil).

SALTO ENTRE PAÍSES

De Argentina a Brasil por intermediación de la ONG francesa GRET.

SALTO EN EL TIEMPO

De 1996 a 2001.

COMENTARIO

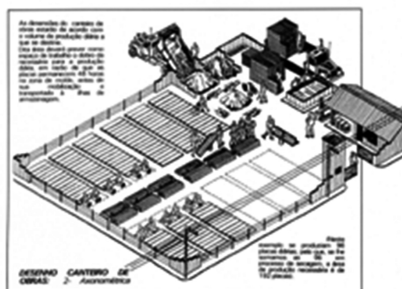
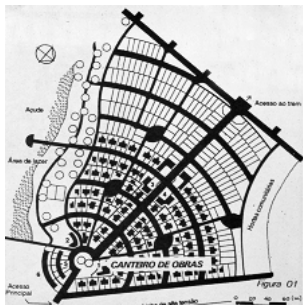
De la producción artesanal a la planta capaz de producir tres viviendas por día.

La ONG francesa GRET, requirió la colaboración del CEVE para la realización de 1.200 viviendas por autoconstrucción con un presupuesto extremadamente bajo, del orden de 1.000 \$ / vivienda. La solución pasó por la instalación de una planta de producción a cielo abierto, a la que nos hemos referido en diferentes ocasiones como "Industrialización sin industria". La transferencia tecnológica se realizó mediante el desplazamiento de personal técnico del CEVE a Brasil, la edición de folletos técnicos muy didácticos y la formación *in situ* de un equipo humano.

La realización, en este caso, utilizó ladrillos cerámicos huecos, que son los tradicionalmente producidos y empleados en Patacuba y que se adaptan mejor a las altas temperaturas del clima de la zona.

Las viviendas realizadas podríamos definirla de "viviendas mínimas y desnudas"... al objeto de no sobrepasar el presupuesto. La idea pretende conseguir sucesivos mejoramientos con la participación de los beneficiarios en la "autoconstrucción auxiliada por el CEVE".

La Realización "Planalto Benjamin" de 1200 viviendas CEVE-GRET en Pacatuba (Brasil), fue una de las tecnologías premiadas por HÁBITAT II, Estambul (Turquia).



SALTO TECNOLÓGICO

De la placa plana al elemento curvo para la realización de las cubiertas del “Gran Galpón”. (Ver Apartado 6.7).

SALTO ENTRE ACTORES

De C. González Lobo, UNAM de México, a la ONG Arquitectura y Compromiso Social de Sevilla para su realización en “Las Dalias”. Nicaragua.

SALTO ENTRE PAÍSES

De México a España y Nicaragua.

SALTO EN EL TIEMPO

De 2001 a 2003.

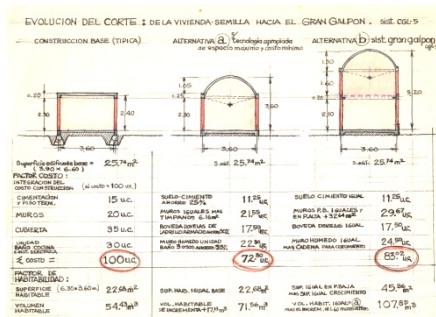
COMENTARIO

De la cubierta plana al “Gran Galpón” del sistema “C.G.L.”

El profesor y *viviendista* Carlos González Lobo, al objeto de conseguir su meta obsesiva: “máximo espacio y mínimo coste”, curvó el panel CEVE, para realizar 30 viviendas para maestros damnificados por la inundación del “Mitch” en Las Garzas, Nicaragua, en un proyecto de escaso presupuesto promovido solidariamente por la ONG “Arquitectura Y Compromiso Social” con financiación de la Junta de Andalucía.

Con la utilización del sistema “Gran Galpón” puesto a punto por el Prof. González Lobo de la UNAM de México acudieron a “Las Garzas”, Nicaragua, para paliar necesidades después del “Mitch”. Las “viviendas para los maestros”, con techos curvos y dos espacios, de una y de dos plantas, consiguieron el objetivo de maximizar el volumen construido y de conseguir una excelente aceptación por parte de las familias de maestros damnificados por el “Mitch”.

Bibliografía: “Vivienda y Ciudad Posibles”, Carlos González Lobo, Editorial ESCALA, Colombia, 276 págs.



SALTO TECNOLÓGICO

Realización de ensayos a rotura de elementos cerámicos “producidos” en los Cursos ICHaB.

SALTO ENTRE ACTORES

CEVE – ICHaB – Instituto Eduardo Torroja de Madrid.

SALTO ENTRE PAÍSES

De Argentina a España.

SALTO EN EL TIEMPO

Cursos XVI y XVII, años 2012 Y 2013.

COMENTARIO

Ensayos a rotura de elementos “BENO”.

El Prof. A. Ferrero del CEVE, que dirige trabajos prácticos para la realización de elementos BENO en los Cursos ICHaB de Madrid, en los que los alumnos “producen” elementos estructurales que posteriormente se ensayan a rotura en el Instituto Eduardo Torroja de Madrid: a compresión centrada, alcanzando una media superior a 12 Tn del panel simple en vertical y sobrecargas repartidas de los elementos en horizontal del orden de 500 Kg/m².

La componente “teórico – práctica” de la docencia de tecnologías de muy bajo coste, nos parece una característica imprescindible para mejorar, difundir y utilizar materiales, elementos y soluciones constructivas, no siempre bien “acogidas por el sector formal”. La posibilidad de realizar ensayos “destrutivos” en una institución bien dotada como el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, nos pareció una oportunidad única para los participantes y para los técnicos del CEVE que promueven el sistema.



8

SALTO TECNOLÓGICO

Elaboración de una propuesta de viviendas crecederas por autoconstrucción a base de elementos cerámicos.

SALTO ENTRE ACTORES

Concurso Mundial "A House in Luanda" convocado por el Prof. Álvaro Siza de Portugal para Luanda (Angola).

SALTO ENTRE PAÍSES

España - Mozambique - Argentina - Angola.

SALTO EN EL TIEMPO

Año 2008.

COMENTARIO

Propuesta de viviendas crecederas en países productores de cerámica.

Ante la Convocatoria lanzada por el Arquitecto Álvaro Siza de Portugal, en Mayo de 2008 del Concurso Mundial de "Viviendas patio en Luanda, Angola" con la pretensión de "(...) falemos de 1 mlihao de viviendas" el ICHAB con la colaboración del CEVE y de arquitectos de Mozambique becados, realizó una propuesta claramente de cooperación para el desarrollo con dos objetivos prioritarios:

- Tratar de reutilizar las plantas de producción de cerámica que en su momento habían sido instaladas por los portugueses y que aún se encuentran cerradas (inactivas) en Angola pese a disponer de los equipos, de la cerámica y de energía barata (petróleo);
- Una solución claramente crecedera mediante autoconstrucción, en base al panel BENO adaptado a las condiciones del Concurso, con unas bases muy propicias para la experiencia latinoamericana.

La propuesta ICHaB-CEVE no resultó seleccionada. Si la propuesta de la arquitecta Verónica Sánchez ex alumna del ICHaB, que recibió una mención honorífica entre las 327 propuestas presentadas.



9

SALTO TECNOLÓGICO

Realización de viviendas “Gran Galpón” de tres alturas libres.

SALTO ENTRE ACTORES

Arquitecto F. Castillo Velasco, de Chile - Arquitecto C. Gonzáles Lobo, de México - Cooperación Española.

SALTO ENTRE PAÍSES

Chile – México – España.

SALTO EN EL TIEMPO

De 1992 a 1994.

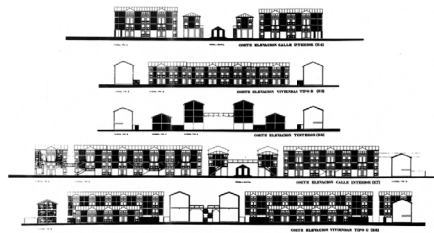
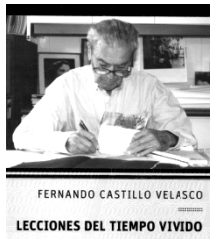
COMENTARIO

Utilización del sistema constructivo “Gran Galpón” para la densificación de Santiago de Chile.

Se realizó en una hectárea de terreno valdío en el damero colonial de la ciudad de Santiago de Chile, el llamado Conjunto Andalucía, formado por 230 viviendas tipo Gran Galpón de tres plantas promovidas por la Cooperación Española para familias recolectoras de basuras. Realizó el proyecto el arquitecto Fernando Castillo Velasco, Premio Latinoamericano de Arquitectura.

El Conjunto “Andalucía” en Santiago de Chile en base al Gran Galpón, con el objetivo de densificar la ciudad consiguió pasar de 60 infraviviendas a 230 viviendas de dos y tres alturas, haciendo realidad la aspiración del Arquitecto G. Lobo, de que en la vivienda social debe de hablarse de metros cúbicos construidos más que de metros cuadrados.

Ver Apartado 6.7. : Introducción a los fundamentos del “Gran Galpón” y Algunos aspectos de la realización “Conjunto Andalucía” en Santiago de Chile.



5.4

UTILIZACIÓN DE COMPONENTES NEUTROS DE CONSTRUCCIÓN EN LATINOAMÉRICA⁶⁷

Algunas formas de producción y gestión del hábitat popular latinoamericano

En las ciudades latinoamericanas una buena parte de la población, especialmente la que dispone de menos recursos, accede al hábitat urbano mediante procesos propios del sector *informal*. Villas autoproducidas, asentamientos más o menos organizados, loteos o urbanizaciones irregulares dibujan un panorama en el que el acceso a la ciudad se produce por imperativo de la necesidad; una necesidad que no espera a las regulaciones, plazos o pagos del Estado, ni a la lógica que los mercados imponen para la organización del crecimiento urbano.

Como señala Pedro Abramo (ABRAMO, 2003), resulta factible detectar tres formas de acceso a la ciudad: la que sigue la *lógica del mercado*, la que se guía por la *formalidad del sector público* y la que obedece a una lógica impuesta por la necesidad: *sector informal*. En cada uno de estos tres ámbitos es posible detectar una serie de procedimientos distintos de gestión y construcción del hábitat (Tabla 5.4). Los procedimientos legales de compra-venta abonan el mercado del suelo, los sistemas de adjudicación y subvención priman las promociones del Estado y los procesos de *toma de tierras* (SALAS, 2010), ocupación, o invasión son predominantes en el sector informal.

Los sistemas constructivos empleados en la producción formal de la ciudad son múltiples y variados, coincidiendo mayoritariamente en el hecho de contar con una asesoría técnica adecuada y por lo general ofrecer al comprador viviendas terminadas. En el caso de la promoción pública la asesoría técnica sigue estando presente, aunque en algunas propuestas participativas se complementen con la colaboración de los propios usuarios. Según el programa o la iniciativa pública, es posible encontrar proyectos en los que se realizan viviendas completas y otros en las que se producen acciones parciales o de mejoramiento. Sin embargo, en la producción informal de la ciudad latinoamericana lo que predomina son acciones constructivas parciales respondiendo a lo que algunos llaman “políticas no convencionales de vivienda” (RAMÍREZ R., 2002). Se trata de operaciones de ampliación, remodelación o mejora, que en la mayoría de las ocasiones no cuentan con ningún tipo de asesoría técnica o control.

⁶⁷ El presente Apartado, es de alguna forma resultado del trabajo realizado por el autor junto con el arquitecto Aurelio Ferrero, director del CEVE y la Dra. Patricia Lucas, a los que dejamos testimonio de nuestro sincero agradecimiento.

La autoconstrucción funciona por lo general, mediante etapas paulatinas, en ocasiones, muy dilatadas en el tiempo. Una vez realizado el asentamiento, mediante la toma de tierra o adquisición del terreno, se inicia un proceso productivo, extendido a lo largo de años, que abarca de manera simultánea fases constructivas que en los procesos formales suelen producirse de manera lineal. No se trata de una simple prolongación de las etapas que se suceden en la construcción formal, sino que se produce una convivencia o solapamiento de diferentes fases. No es solo que las construcciones se habiten antes de ser terminadas, sino que en ocasiones se construyen antes de contar con infraestructuras básicas: agua, luz, alcantarillado. O se edifican antes de regularizar la situación legal y el régimen de propiedad de los terrenos, lo que ocasiona una serie de fenómenos que hacen compleja la gestión y producción de un hábitat que cumpla con unos requisitos mínimos de equipamiento.

TABLA 5.4
TECNOLOGÍAS Y MECANISMOS DE GESTIÓN EN LOS DIFERENTES SECTORES DE PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT EN LATINOAMÉRICA

DIFERENTES PRODUCTORES DEL HÁBITAT	MECANISMOS DE GESTIÓN	TECNOLOGÍAS APLICADAS
Sector de mercado (formal)	Compra-venta mediante mecanismos de mercado	Se ejecutan viviendas completas con control técnico, aisladas o agrupadas.
Sector público	Subsidios, ayudas, programas públicos...	Se ejecutan unidades completas, generalmente agrupadas, empleando tecnologías sencillas de bajo coste o realizando programas de mejoramiento progresivo con asesoría.
Sector informal	Tomas de tierra, compra-venta informal, <i>sitios o lotes con servicios</i> , microcréditos, programas de mejora paulatina	Se autoconstruye, se realizan mejoras parciales, generalmente de forma individual, y en ocasiones, sin ningún tipo de asesoría o control.
Realizaciones híbridas	En numerosas ocasiones se producen iniciativas híbridas que toman formas de organización, gestión y tecnologías propias de varios sectores: sitios con servicios realizados con mejora paulatina posterior.	

Fuente: A. Ferrero, P. Lucas, J. Salas.

La resolución de los problemas que estos fenómenos plantean hace necesaria la intervención de un amplio y variado número de actores. Pensar en dar una respuesta que venga exclusivamente desde lo tecnológico es ilusorio, pues en muchos casos la cuestión constructiva es sólo un aspecto más, y no siempre el más importante, del complejo mosaico en el que interactúan problemas sociales, asuntos legales y urbanísticos, cuestiones de propiedad, planificación de infraestructuras, o problemas de gestión económica, política o ciudadana.

La importancia de lo tecnológico aparece así difusa entre una serie de factores que apuntan a la raíz económica, política y social de un problema cuya

respuesta predominante no será una propuesta técnica, por novedosa que sea. Esto, sin embargo, no impide que sea posible pensar en qué tipo de proyectos arquitectónicos o de soluciones constructivas pueden ayudar a emprender o acortar el camino que proporcione soluciones habitables y transforme en verdaderos barrios los tejidos urbanos que están generando estos asentamientos. Unos tejidos que, por otra parte, se autoconstruyen de múltiples y variadas formas (SALAS et al., 1991) tanto desde el punto de vista del proceso, del producto, de las tecnologías empleadas o del marco socio-político en el que se realicen.

La escala del potencial campo de actuación

Diseccionar los problemas que se viven en los llamados *asentamientos humanos* (BUTHET C., 2001) es una tarea compleja, los casos son variados y se hacen necesarias la participación, colaboración y propuestas de los propios vecinos. Por su propia extensión, el fenómeno de los asentamientos presenta un buen número de variedades en su gestión y situación habitacional. G. Rebord (REBORD G., 2010) describe hasta ocho variantes en cuanto a la situación legal y la gestión de estos asentamientos más o menos organizados, entre los que pueden distinguirse desde villas autoproducidas a loteos irregulares o urbanizaciones autoconstruidas.

Sin embargo, y aún corriendo el riesgo de caer en una simplificación de la realidad, parece factible diferenciar tres escalas distintas, a la hora de clasificar a grandes rasgos los problemas que afectan a los asentamientos informales (Tabla 5. 5).

Moviéndonos en los ámbitos de lo urbanístico, lo habitacional y lo constructivo, parece posible detectar tres grandes grupos de asuntos: la planificación de las infraestructuras, el proyecto de las viviendas y las tecnologías empleadas en las diferentes fases de la construcción progresiva que, a lo largo del tiempo, van realizando los ocupantes de las viviendas. Se trataría de los procesos de *construcción incremental* en expresión de Cilento. La distinción de estos tres ámbitos de actuación (Tabla 5. 5) no deja de ser cuestionable, ya que en la mayor parte de los casos los problemas interactúan a varias escalas. Por poner un ejemplo, el problema legal hace en muchas ocasiones que no se planifiquen convenientemente los trazados de las infraestructuras públicas, o la falta de seguridad en la posesión de la tierra incide en la baja calidad constructiva con que se producen soluciones entendidas como cobijos temporales por sus moradores.

Sin embargo, sí parece posible pensar en los procesos de construcción a pequeña escala individual, pero con masividad dispersa, como un ámbito con características propias en el que puede ser útil aportar apoyos y/o soluciones técnicas para mejorar las condiciones de habitabilidad. Las tecnologías compatibles, a las que se refiere este trabajo, pretenden incidir en ese nivel, en el del acabado, mejora y/o construcción progresiva.

Este ámbito, el de la vivienda progresiva, es un campo de actuación cuya escala de aplicación es más que considerable.

TABLA 5.5.
TRES ESCALAS DE PROBLEMAS DE LOS ASENTAMIENTOS INFORMALES

ESCALA	PROBLEMAS	MECANISMOS
URBANA	Falta de acceso a las infraestructuras y servicios públicos: agua, recogida de basuras, alcantarillado, transporte público... Situaciones irregulares en los temas de propiedad del suelo	Gestión y planificación urbana Proyecto de las infraestructuras y servicios urbanos Procesos de legalización de las parcelas
HABITACIONAL	Hacinamiento, falta de iluminación y ventilación adecuadas, incumplimiento de requisitos mínimos de confort ambiental... Escasa durabilidad y calidad de lo construido, especialmente en zonas de riesgo: sismos, inundaciones, huracanes...	El proyecto de lo habitacional: adecuación de conjunto, gestión de los espacios interiores, mejora de las condiciones ambientales Control técnico en la ejecución estructural Estrategias para el crecimiento de las viviendas: vivienda semilla ⁶⁸ , vivienda galpón ⁶⁹ .
TECNOLÓGICA	Empleo de sistemas poco eficientes Incompatibilidad entre lo construido en distintas fases Falta de control técnico	Sistemas constructivos compatibles con la ampliación y la mejora progresiva Elementos o unidades de obra independientes cuya calidad pueda ser verificada

Fuente: A. Ferrero, P. Lucas y J. Salas.

El porcentaje de viviendas que requieren mejoramientos, reparaciones o ampliaciones pasó del 54 al 61%, mientras que la necesidad de nuevas unidades bajó del 46 al 39%. Estas estimaciones, realizadas por CEPAL en el 2006, (CEPAL, 2006) hacen notar que el proceso no se ha frenado en valores absolutos, mientras que los precios unitarios por mejoramiento, ampliación y/o complementación se han incrementado sensiblemente en el período 1995-2012. Valgan pues los datos antes citados a modo de orientación fiable que, en cualquier caso, cuantifica el enorme volumen de este ámbito de producción del hábitat.

La escala del potencial campo de aplicación de estas tecnologías también salta a la vista en algunos programas de vivienda construidos en Latinoamérica. Aludimos a realizaciones fuera de la lógica que los autores propugnan en este trabajo, pero que dada su escala e importancia, no pueden silenciarse. Son realizaciones masivas de millares de viviendas idénticas, prácticamente *aprisionadas* en parcelas *mínimas* que impiden su crecimiento posterior. Se trata de conjuntos extremadamente monótonos, formalmente en la línea de la antigua *industrialización/prefabricación* de la pasada reconstrucción europea, pero que en los casos de México (Ver Figura 5.3), Brasil, Chile y hasta en El

68 Viviendas que parten de un núcleo básico y crecen hacia fuera.

69 Viviendas de altura libre interior muy superior a la de un piso, cuatro metros o más, que facilita el ulterior crecimiento y mejora por dentro. Se plantea una vivienda inicial de gran volumen, con doble o más alturas, capaz de ir ganando estancias al separar distintos ámbitos dentro del espacio interior. González Lobo, Carlos, 1999

Salvador (Ver Figura 5.4), se realizan en forma totalmente tradicional, mediante técnicas constructivas basadas en mano de obra barata y en busca del máximo beneficio económico. En estas realizaciones, la utilización de *componentes neutros* es muy escasa, y no por inexistencia en el mercado del tipo de elementos que se propugnan.

FIG. 5.3

Viviendas realizadas por INFONAVIT, Fondo Nacional de la Vivienda de los Trabajadores (México) mediante unos escasos modelos que se repiten de forma tradicional inalterable por miles, en Itxapaluca, camino de Puebla (México). (Fuente: INFONAVIT).



FIG. 5.4

Viviendas realizadas por "maquiladoras" instaladas en las cercanías del aeropuerto de San Salvador para y por sus empleados, todas idénticas, con los mismos materiales, de 36 m² sin posibilidad alguna de crecimiento, por un importe equivalente a unos 100 salarios-mensuales de la época (2006). (Foto: J. Salas.).



Actualmente, en los países mencionados y en Latinoamérica en general, se detecta un importante desarrollo de la infraestructura productiva de elementos simples de construcción, desarrollo difuso, emplazado fundamentalmente en las grandes y dinámicas periferias urbanas. Se da en ellas una actividad creciente de construcción de vivienda *ex novo* pero fundamentalmente de procesos de consolidación, crecimiento y mejora de asentamientos humanos informales (de LORENZO P., 2005).

Los datos que siguen pretenden acotar este fenómeno. Se trata del resultado del análisis de 123 encuestas cumplimentadas por empresas e instituciones responsables de sistemas o subsistemas constructivos en las que se reseñaron tecnologías en uso en Latinoamérica, enmarcadas en el Programa CYTED (SALAS J., 2000). La procedencia de las encuestas fue muy diversa y repartida entre 14 países latinoamericanos. El número de técnicas contabilizadas destinadas específicamente a vivienda fue de 123; de ellas, 89 se dedicaban únicamente a la construcción de viviendas unifamiliares.

Del total de las 123 técnicas catalogadas, 62 (50,4%) abarcan todos o la mayor parte de los capítulos de obra de las viviendas; 40 (32,5%) cubren varios componentes funcionales, principalmente entrepisos, cubiertas o cerramientos exteriores e interiores; y 21 (17,1%), sólo producen una tipología de

componentes, tales como paneles ligeros para cerramientos interiores o viguetas y bovedillas para entrepisos.

Resulta destacable que casi la totalidad de las tecnologías (94%) incorporan, en todo o en parte, la prefabricación de hormigón. El moldeo racionalizado en obra era bastante menos frecuente (29%) y menos aún “otros sistemas no tradicionales”. Estos últimos son, en general, técnicas novedosas, como morteros proyectados sobre mallas metálicas, cerramientos livianos de varias capas, etc. La construcción tradicional ocupa, en cambio, un lugar importante, participando en casi un 60% de las técnicas catalogadas.

Al analizar los materiales utilizados prioritariamente por las distintas soluciones industrializadas (en ocasiones se señala más de un material) los resultados son mayoritarios para el hormigón (72% de los casos), la madera (30%), el acero (19%), la albañilería (14%), el ferrocemento o argamasa armada se señala en un 6% de los casos y *otros materiales* suponen un 54%, entre los que se incluyen fibrocementos, plásticos o aceros especiales.

En cualquier caso, estos datos informan de la situación de distintos procesos industrializados o racionalizados frecuentes en el ámbito de la vivienda latinoamericana. Unidos a la acuciante necesidad de mejora del hábitat popular, abren la posibilidad de pensar en estas opciones como posibles vías para la mejora de los asentamientos humanos.

Componentes neutros: qué, cómo y para qué

La gama de nominaciones y clasificaciones que pretenden ser universales para matizar los grados o niveles de industrialización y que son objeto de complejas nomenclaturas de aceptación multilateral es muy extensa. Aún así, en consonancia con su importancia en el ámbito latinoamericano, ha parecido oportuno incluir la denominación específica de *componentes neutros*.

Se trata de elementos cuyos posibles usos como partes, incluso sustantivas de la obra, son conocidos, pero que no se han diseñado ni producido para un empleo específico y concreto. Estos componentes pueden producirse mediante procesos elementales, o por el contrario, altamente industrializados. Aún a sabiendas de las dificultades que pueden introducir nuevas propuestas de léxico, se propone la denominación de *componentes neutros*, por la necesidad de adjetivar como *neutros* los usos que se dan a estos componentes, que no a sus formas o funciones. En la Tabla 5.6 hemos plasmado un intento de responder, aún de forma imprecisa, a los contenidos de esta denominación, atendiendo a tres cuestiones básicas: qué son, cómo funcionan y para qué se utilizan.

TABLA 5.6
LOS COMPONENTES NEUTROS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL HÁBITAT POPULAR

A: ¿QUÉ SON?
Elementos tecnológicos autónomos y neutros: autónomos por su capacidad para ser elemento funcional que se materializa en una pieza tangible con vocación de compatibilidad; neutros por ser proyectados y realizados de manera que resulten utilizables en múltiples situaciones.
B: ¿CÓMO FUNCIONAN?
<ul style="list-style-type: none">• Con autonomía estructural, de transporte y de manejo• Proporcionando compatibilidad con múltiples entornos constructivos• Necesitando pocos acabados posteriores y facilitando las operaciones de mantenimiento
C: ¿PARA QUÉ SE UTILIZAN?
<ul style="list-style-type: none">• Como respuesta tecnológica a variadas propuesta de gestión crediticia (microcréditos y otras modalidades)• En construcción progresiva con elementos de características técnicas probadas• Para su empleo por micro-emprendedores: almacenes de suministros, constructores autónomos, bancos de materiales...• Para facilitar la ruptura de la imagen uniforme, reconocible y en ocasiones estigmatizadora de las soluciones de vivienda social

Fuente: A. Ferrero, P. Lucas y J. Salas.

Tres matizaciones necesarias:

- 1. ¿Qué entender en este ámbito por *componentes neutros* y qué pueden aportar a la solución del problema de déficit habitacional?:** Podríamos acotarlos como aquellos elementos tecnológicos parciales, pero completos, proyectados de manera que pueden resultar autónomos o agregables en múltiples situaciones.

Al calificarlos como *parciales*, la idea es que estas tecnologías no constituyen unidades de vivienda terminada. Al hablar de *completos* se apunta hacia la independencia de la pieza, que se piensa como un elemento prácticamente acabado, que no requiere una solución estructural previa o dependiente del entorno y que no requiere un tratamiento o acabado posterior a su puesta en obra.

No se propugna la idea de la industrialización presuntamente compatible, basada en el diseño de sofisticadas uniones con pretensiones de uso universal, sino más bien en el proyecto de elementos capaces de ensamblarse en múltiples entornos, ya que en la mayoría de los casos no han sido construidos pensando en su compatibilidad. La inmediatez de la unión, entre sí o con otros, resulta así un requisito importante. Como también lo es un cierto grado de autonomía, ya que las características técnicas del componente han de ser capaces de mantenerse en las variadas situaciones en que vaya a ser ensamblado.

- 2. ¿Cómo conseguir esto?:** Para lograr la independencia se hace necesario pensar en estos elementos como soluciones con autonomía estructural, de transporte y de manejo. Se hace preciso también pensar el elemento con cierta independencia con respecto a sus condiciones de borde. Y para

conseguir su autonomía final, habría que considerar estas piezas como unidades acabadas, que no requieren tratamientos posteriores. Una vez ha sido instalada, la pieza debe requerir el menor número de acciones posibles para su acople y mantenimiento.

- 3. ¿Para qué pensar en este tipo de soluciones? ¿Qué ventajas tienen respecto a las soluciones de prototipo completo?:** Las respuestas tecnológicas suelen amoldarse mejor a los *productos* que a los *procesos*. Sin embargo, al hablar del hábitat de los asentamientos informales la gestión se hace protagonista. En este ámbito, los *componentes neutros* ayudan a dar respuestas tecnológicas a las propuestas de financiamientos parciales y puntuales o de microcréditos. La finalidad de estos programas no es tanto la de dotar al beneficiario de una vivienda completa, como la de colaborar en un proceso constructivo progresivo que, a través de las mejoras parciales, vaya consolidando los asentamientos y convirtiéndolos en barrios.

Este tipo de propuestas se utilizan en proyectos de vivienda de nueva planta, algunos realizados en procesos participativos de ayuda mutua. Pero a la vez, y gracias fundamentalmente a la propuesta de gestión por microcréditos (BOSIO C., 2007) una buena parte de estas soluciones han sido empleadas también en los procesos de crecimiento y consolidación que llevan a cabo los habitantes de viviendas necesitadas de mejoras. Los *componentes neutros* vendrían a dar respuesta a una financiación de pequeña escala diferida a lo largo del tiempo.

Se trataría de ampliaciones, mejora de suelos, crecimiento de viviendas, techado de espacios, reposición de puertas y ventanas, instalación de equipamientos sanitarios o colocación de acabados. ¿Con qué tecnologías se puede responder a estas demandas? Las soluciones de albañilería tradicional, obviamente, son posibles en la mayor parte de los casos, pero las soluciones a base de *componentes neutros* brindan la posibilidad de construir con elementos realizados con un mayor control técnico.

Se trataría no solo de asumir la progresividad del crecimiento habitacional y/o urbano, sino de realizar propuestas que cuentan con ella (FERRERO A., 2008). Estas estrategias, capaces de extender la acción social a un mayor número de beneficiarios, vendrían así a completar el trabajo de las políticas tradicionales de vivienda, que ejecutan unidades completas, pero siempre en un número reducido.

A la hora de explicar por qué proyectar mejoras parciales y no unidades de vivienda completa habría sin duda que volver a referirse a la *lógica de la necesidad*, y entender los complejos y singulares procesos de financiación, así como las limitaciones de la economía familiar. Se trataría de un intento de extender los programas sociales al mayor número posible de habitantes, en vez de destinar todos los recursos a la construcción de un número insuficiente de viviendas que adjudicadas a unos, dejen a otros en la misma situación previa.

En estos ámbitos de construcción progresiva, las técnicas empleadas suelen ser en su mayor parte tradicionales. Sin embargo, el empleo de *componentes neutros* puede aportar ciertas mejoras, ya que, industrializados o racionalizados en cierta medida, pueden ser proyectados, examinados y

probados como unidad, a pesar de su carácter fraccionario. Esto hace posible garantizar ciertos mínimos en su funcionamiento, unos mínimos que en el caso de construcciones realizadas con procedimientos tradicionales, son mucho más difíciles de evaluar y que, generalmente, se comportan de manera trágica en los momentos de catástrofes naturales, inundaciones o sismos.

Existe además otro factor que puede incidir a la hora de proponer estas soluciones, dado que al tratarse de un paso intermedio entre la construcción tradicional y las propuestas de industrialización más sofisticadas, pueden constituirse en tecnologías capaces de ser asimiladas por micro-emprendedores locales. Aparte de los beneficios que para la economía y el empleo puedan tener estas actividades, existe la posibilidad de convertir estos elementos constructivos en piezas comunes y reconocibles en la construcción de la zona, tanto en proyectos sociales como en otro tipo de construcciones.

El empleo de los *componentes neutros* en proyectos variados, no solo como elementos de vivienda social, constituye sin duda un paso para eliminar la asociación directa que en muchos casos se hace entre ciertas tecnologías, proyectos o tipos de vivienda y los proyectos sociales. Esta asociación, en ocasiones termina por estigmatizar las soluciones más repetidas en este tipo de viviendas, que corren el riesgo de que se asimilen por una parte de la población, como soluciones o *tecnologías para pobres* y que por ello sean valoradas más por su imagen que por sus características técnicas reales.

5.5

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE COMPONENTES NEUTROS

Microtalleres productivos o gérmenes industriales

La realidad del sector productor de materiales y componentes de construcción en América Latina presenta una pléyade de pequeños talleres, unidades productivas, microempresas familiares, núcleos de producción de elementos... que, de manera genérica, proponemos denominar como *gérmenes industriales*.

Se prefiere la expresión *germen industrial* frente a la de *microtaller*, por lo que implica de concepción dinámica. El aspecto *micro* no es lo esencial o característico de esta forma de producción. Por lo general, un micro taller no pretende ser *micro* a lo largo de toda su vida útil. El *germen industrial*, por contra, tiende a su consolidación, crecimiento e incluso multiplicación.

No hay razones para sostener que el pequeño taller conlleve o implique tecnología de segunda categoría. Es cierto que determinados procesos de producción (fabricación de perfilería de aluminio, placas de fibrocemento, vidrio plano, cemento...) requieren un tamaño crítico de producción muy superior al de estos talleres. Pero no lo es menos, que puede haber, y de hecho los hay, casos en los que se utiliza tecnología de buen nivel incorporada a equipos; por ejemplo máquinas semiautomáticas para producir tubos de hormigón vibrocompactados, extrusadoras de viguetas pretensadas, sierras de corte de piedra para aplacados, equipos para ensamblar cerchas de madera, soldadura y plegado de placas ligeras de acero...

Estos núcleos productivos son la expresión más real hacia la que convergen dos tendencias en apariencia antagónicas, pero que en la práctica muestran una intensa capacidad generadora de soluciones. Se trata de la *formalización de la informalidad* y de la *desmitificación de la industrialización importada, patentada o cerrada*.

Al hablar de *formalización de la informalidad*, se alude a un conjunto de tendencias, programas y políticas, que pretenden generar puestos de trabajo rentables y nuevas formas organizativas y de producción de materiales, legalmente reconocidos, a partir de actividades ya existentes en el sector, aunque estas sean informales.

Por otra parte, la *desmitificación de la industrialización* es ya una tendencia incipiente que se plasma en distintas prácticas: producción con equipos nacionales, utilización de materias primas autóctonas, eliminación de sofisticaciones importadas o simplificación de procesos técnicos complejos. La desmitificación de la industrialización tiene ante sí un prometedor nicho tecnológico.

El *germen industrial*, entendido en sentido amplio, abarca desde la producción de materias primas y componentes hasta la prestación de servicios para la construcción y suele presentar la estructura propia de *pequeña producción mercantil*. Actúa mayoritariamente tratando de poner en el mercado materiales/componentes de construcción a menor costo que los de las grandes empresas, aunque en muchos casos con calidades, prestaciones y/o acabados inferiores y con frecuencia, incluso fuera de norma.

Diseño, construcción y producción del hábitat mediante el empleo intensivo de componentes “neutros”

El empleo intensivo de *componentes neutros* asequibles se vislumbra como una herramienta útil a la hora de abordar el problema del déficit habitacional. Pero a la vez, hace necesaria la implantación de una serie de criterios y recomendaciones que afectan al diseño, la construcción y la producción de la vivienda.

Resulta preciso establecer métodos y definiciones sobre el uso de materiales y componentes constructivos, sobre los sistemas de fabricación, montaje o ensamblado, así como tener en cuenta los mecanismos de adquisición. El empleo de este tipo de tecnologías va ligado al entendimiento del espacio construido como un proceso complejo en el que interviene no solo lo tecnológico, sino también cuestiones económicas, de organización y gestión.

Con respecto al diseño, habrá de tenerse en cuenta la interacción de todos los factores mencionados. Esto significa que no hay decisión en el proyecto que pueda desprenderse de los materiales y su forma de obtención, así como de las tendencias o costumbres de formas espaciales anteriores. Por otra parte, los conceptos de flexibilidad y progresividad toman fuerza al hacerse evidentes la necesidad de programar el proceso de evolución y transformación como una parte integral de la vivienda. De esta manera, un diseño planeado mínimamente deberá contemplar la flexibilidad para adaptarse a las diversas realidades locales y sociales y la progresividad (SEPULVEDA R., 1984) a la que estará sujeto con posterioridad a su situación inicial. El diseño apropiado de la vivienda ha de tener en cuenta su carácter intrínsecamente evolutivo (ROMERO G., 2006). El desafío será ofrecer alternativas que tomen en cuenta las variables involucradas en este proceso transformador.

Con la intención de favorecer desde el inicio de la vivienda las posteriores ampliaciones, se han realizado propuestas de estructuras vacías o *esqueletos estructurales* (Ver Figuras 5.5 y 5.6). Estos cumplirían la función de *germen* de vivienda o *pie de casa*, quedando como tarea a los pobladores el completamiento de sus cerramientos. Se aseguraría así la calidad estructural y constructiva, evitando que esta tarea se realice por mano de obra no cualificada o poco experimentada. Con este sistema, se ofrece un marco estable al que agregar las tecnologías compatibles. Las experiencias del arquitecto Víctor Pelli en Argentina, con el sistema *UNNE UNO* en los años sesenta o la idea de la *vivienda galpón* del mexicano Carlos González Lobo (GONZALEZ C., 1999), así como los resultados probados de los procesos de investigación-acción del CEVE (Centro Experimental de la Vivienda

Económica, Córdoba-Argentina) (Ver Figura 5.6)⁷⁰ podrían servir como ejemplos de este tipo de estrategias de diseño.

Este tipo de sistemas dejan la puerta abierta a la mejora y ampliación progresiva mediante *componentes neutros*. Una vez realizado el marco estructural, los propios usuarios pueden ir completando la vivienda mediante estos elementos. Encontrar estos componentes constructivos de pequeña escala en el mercado local, alimentado por la producción de los citados *gérmenes industriales*, ayudaría además a reforzar las economías propias.

La tecnología constructiva adoptada, nueva o existente, deberá favorecer la participación y la organización de los grupos sociales locales durante la etapa de gestión y ejecución habitacional. Y también, promover la incorporación de mano de obra no calificada, la capacitación y el uso de materiales tradicionales disponibles en el mercado inmediato. Muchos de estos elementos existen en realidad dentro de la producción actual del hábitat popular en Latinoamérica por lo que se trata de identificarlos, rescatarlos y potenciarlos, como en el caso de las *celosías prefabricadas* (Ver Figura 5.7). Partiendo de otro tipo de tecnologías y aún tratándose de usos más decorativos que funcionales, acordes con gustos locales, también parece de interés mencionar la variadísima producción y lograda calidad de producción de celosías y elementos prefabricados decorativos de encargo de una pléyade de talleres centroamericanos. El caso de la región de Yucatán es realmente singular. (Ver Figuras 5.7 y 5.8).

En cuanto a las tecnologías de producción se pueden diferenciar dos grandes grupos: la ejecución de viviendas *in situ* y la producción parcial en taller. En el primer caso, más cercano a la forma tradicional de construir, la producción se organiza alrededor del objeto. En el segundo, con cierto grado de industrialización y racionalización, se producen elementos que luego se montarán en el lugar de la construcción. En cualquier caso, y a pesar de las múltiples variantes, parece posible establecer una serie de criterios y recomendaciones generales para la construcción social del hábitat en los tres campos señalados: diseño, construcción y producción de la vivienda (Tabla 5.7).

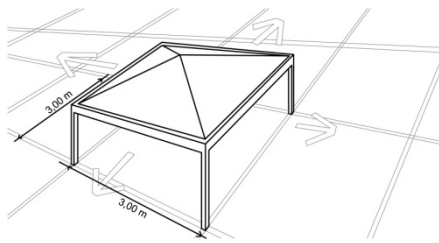


FIG. 5.5

Sistema *UNNE UNO*, Víctor Pelli (Argentina).
Fuente: Exposición "*Con y Sin Techo*",
Ministerio de Fomento de España y ASF,
Madrid, 2012.

70 El CEVE realiza investigación-acción, desarrollo tecnológico, transferencia y capacitación en el campo habitacional desde 1967. Su actividad es una referencia obligada en cuanto a procesos de mejoramiento y construcción social del hábitat popular latinoamericano. Durante su actividad ha desarrollado un buen número de componentes neutros, subsistemas y sistemas constructivos capaces de responder a los procesos de producción de hábitat social.

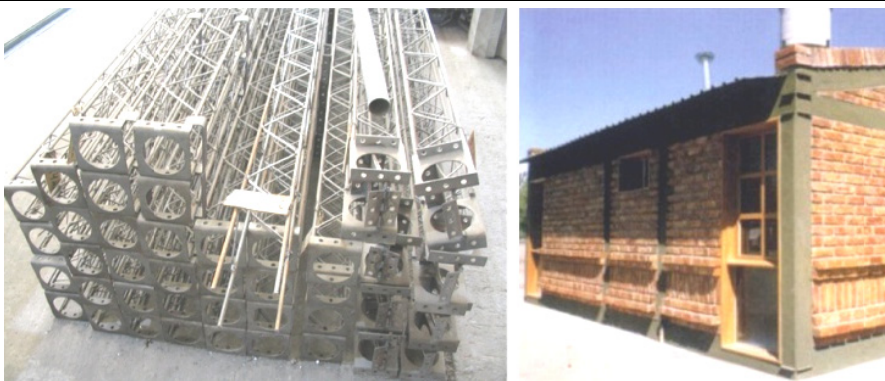


FIG. 5.6

Sistema *UMA* del CEVE (Córdoba-Argentina): elementos electrosoldados producidos y realización finalizada a base de cerramiento de ladrillo cerámico. (Fuente: CEVE).

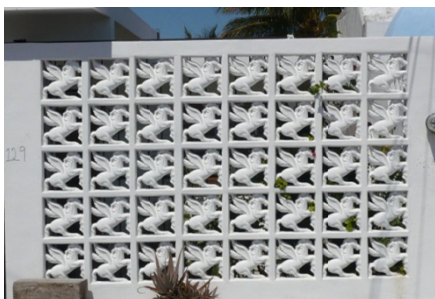


FIG. 5.7

Dos ejemplos en la costanera de Yucatán (México). (Fotos: J. Salas.).

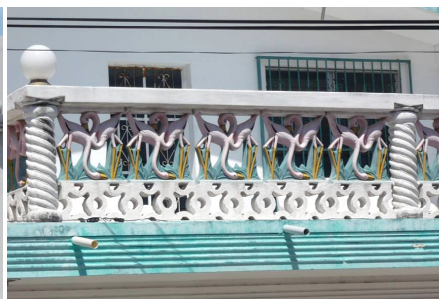


FIG. 5.8



FIG. 5.9

La ventana de hormigón del CEVE (Córdoba-Argentina). Fuente: CEVE. (Fotos: CEVE).



FIG. 5.10

Saneamiento urbano, Salvador de Bahía, João Filgueiras Lima, Lelé (1980-82). (Fuente: Carvalho, Marcelo, 2000).

TABLA 5.7
CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA EL USO INTENSIVO DE COMPONENTES
NEUTROS MEDIANTE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

CRITERIOS DE DISEÑO
<ul style="list-style-type: none"> · Soluciones tipológicas con modulaciones simples, preferentemente a base de módulos-objetos, en la búsqueda de un aspecto acorde con la cultura local tanto en la expresión como en el manejo del espacio · Promover el uso de tecnologías constructivas flexibles, combinables entre sí y que puedan incorporar los modos de vida, de producción, usos y costumbres de la población · Garantizar condiciones mínimas de habitabilidad y durabilidad · Favorecer desde el diseño inicial posteriores ampliaciones o modificaciones posibles, sin perder la calidad y la coherencia de las vinculaciones estructurales y constructivas · Auspiciar el uso de tecnologías apropiables, que se adapten fácilmente a la cultura local de la comunidad que las recibe
DEFINICIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> · La adopción de tecnologías constructivas abiertas a una multiplicidad de formas productivas, favoreciendo la organización socio-productiva de las comunidades y contribuyendo a la generación de empleo · Patrocinar el uso de tecnologías constructivas que incorporen fuerza de trabajo no calificada y favoreciendo la adopción de tecnologías que permitan la racionalización en el uso de los recursos financieros, y que faciliten implementar mecanismos simples de administración y gestión · Promover la simplificación de mecanismos en la ejecución y el montaje, privilegiando la precisión y la eficacia estructural, utilizando equipos y herramientas de fácil operación y de bajo costo · Promover el uso de materiales locales, aceptados culturalmente por las comunidades · Prever los instrumentos técnicos comprensibles y adecuados (Planos y pliegos de especificaciones entendibles por la comunidad) para facilitar el desarrollo progresivo de la vivienda.
SISTEMAS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> · Promover el empoderamiento de sectores populares a través del fortalecimiento de su organización interna y su inserción en la producción de bienes y servicios · Favorecer el empleo intensivo de mano de obra, evitando la adquisición de tecnologías importadas que generen la destrucción de puestos de trabajo locales y/o el pago en divisas · Incluir la utilización de equipos, maquinarias y herramientas de fácil empleo y aprendizaje, de baja inversión y que no generen dependencia tecnológica · Diseñar y propiciar la transferencia de tecnología implementando programas de asistencia técnica y capacitación, que además de incrementar los conocimientos técnicos específicos, tiendan a impulsar el desarrollo empresarial y promover su continuidad y fortalecimiento · Favorecer a los proveedores locales, intentando retener los circuitos de capital en el ámbito regional y tendiendo a la dinamización de la economía del entorno · Desarrollar e implementar tecnologías constructivas y de producción que no afecten negativamente al ambiente natural o construido

Fuente: A. Ferrero, P. Lucas y J. Salas.

5.6

TECNOLOGÍAS COMPATIBLES: ALGUNOS CASOS LATINOAMERICANOS

Como se ha ido viendo, en el ámbito latinoamericano existe la necesidad de intervenir y mejorar los asentamientos humanos y existe también un incipiente tejido de redes tecnológicas. Quizá sea el momento de señalar las capacidades de entidades o de profesionales en esta línea. Se trata de realizaciones que, partiendo de *componentes neutros*, reales y asequibles, por acople o ensamble sencillo, ofrecen soluciones tecnificadas, capaces de convertirse en prácticas de referencia para la construcción del hábitat popular en el entorno latinoamericano.

Uno de los elementos constructivos que quizá ejemplifica de manera más clara lo que es un *componente neutro* podría ser la ventana de hormigón desarrollada por el CEVE. Se trata de una carpintería modular ejecutada como una pieza prefabricada, que por sus características mecánicas autoportantes no requiere de ningún tipo de dintel o cargadero cuando se instala en obra. El hormigón la hace compatible con la gran variedad de cerramientos que es posible encontrar en las construcciones informales y, a la vez, la convierte en un elemento acabado, que no requiere de pinturas, barnices u otros tratamientos posteriores. Se trata de un elemento prefabricado, que no necesita de un proceso industrial sofisticado, ya que las piezas pueden producirse bajo pedido en pequeños moldes unitarios. La variedad de situaciones, combinaciones y utilizaciones en los que es posible encontrar la pieza evidencian su carácter compatible (Ver Figura 5.9).

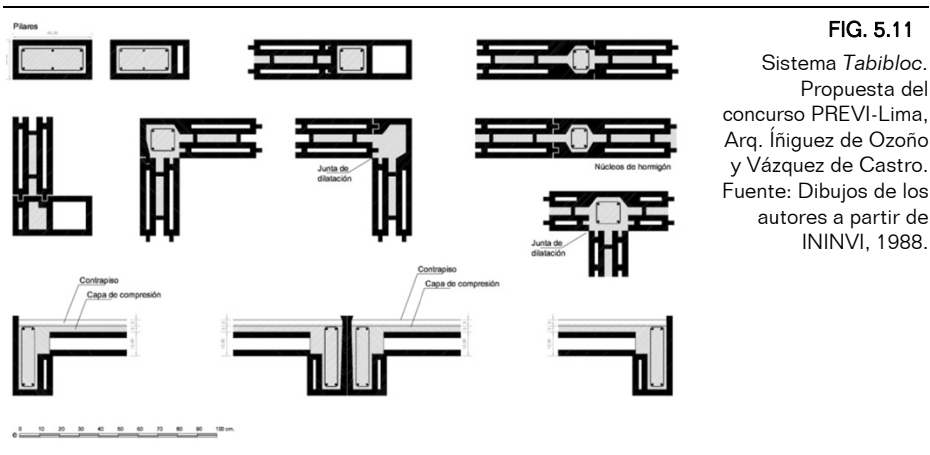
Se trata de un empleo del hormigón en cierto modo similar al realizado por João Filgueiras Lima, Lelé, en el proyecto de saneamiento urbano realizado en Salvador de Bahía entre los años 1980 y 1982 (CARVALHO M., 2000) En ese caso, se prefabricaban una serie de elementos de *argamasa armada* capaces de conformar, por agregación, una escalera que, de manera simultánea facilitaba la accesibilidad en barrios populares en pendiente y servía como elemento de recolección y canalización de las aguas servidas (Ver Figura 5.10).

Del *componente neutro* resulta relativamente fácil evolucionar al juego de piezas con sus reglas de montaje capaz de dar forma a distintos proyectos. Podríamos hablar en estos casos de *sistemas versátiles*. Es el caso del sistema UMA de estructura metálica. Se compone de vigas en celosía, unidas mediante cabezales abullonados, que permite un rápido montaje, que hace posible levantar la estructura de una pequeña vivienda unifamiliar prácticamente en un

solo día. El diseño del cabezal de unión permite el montaje rápido de una estructura capaz de cerrarse con múltiples acabados (Ver Figura 5.6).

Frente a la industrialización pesada, cuyos *genes tecnológicos* (REDDY A., 1998) tratan de resolver problemas netamente europeos de una determinada época, estos sistemas de *prefabricación sutil* (SALAS J., 2008) son un camino tecnológico con cierta tradición en la construcción del hábitat popular latinoamericano.

Junto a los sistemas ya citados, podemos mencionar también en este ámbito el *Sandino* (Cuba), el *Bloque-panel* (Costa Rica) o el *Sancocho* (Venezuela), junto a otros sistemas recopilados por Pedro Lorenzo⁷¹ o por Héctor Massuh (MASSUH H., 2009) en el marco de proyectos CYTED. También estarían dentro de este ámbito algunas de las propuestas tecnológicas del concurso de vivienda PREVI-Lima, realizado en los años setenta en el que, entre otras tecnologías, se empleó el *Tabibloc* de Vázquez de Castro (Ver Figura 5.11) aún vigente con cierta variaciones en diversos puntos de Latinoamérica.



A modo de conclusiones y prospectiva

El sector de la construcción, y de forma muy particular el de las soluciones para la realización de viviendas mínimas *ex-novo*, de ampliación y/o mejora de tugurios (uno de los objetivos prioritarios del presente trabajo) se muestra en gran parte frenado y con síntomas de permanecer claramente anclado en el pasado. La realidad tecnológica contrasta con el nivel teórico y las abundantes reflexiones sobre la producción social del hábitat (PIPA D., 2009) en América Latina, y hace evidente la necesidad de llevar a la práctica nuevas opciones y propuestas tangibles.

⁷¹ Lorenzo, Pedro, 2005. Una buena muestra de estos sistemas se ha recopilado también en la exposición *Con o Sin Techo*, promovida por la Federación Iberoamericana de Urbanistas con la colaboración de Arquitectos Sin Fronteras, Madrid, 2012.

El continuo aumento de la población latinoamericana (con tasa de crecimiento de 1,3% anual), aunque lejos de lo que ocurre en África (tasa de 2,1%), resulta muy superior al resto de los continentes. Se prevé que alcance los 670 millones de habitantes en 2018. Este fenómeno requiere y propicia mayores ritmos de construcción, que sean a la vez capaces de reactivar la abundante mano de obra cesante o semi-empleada, un grupo de población que además está en gran parte necesitado de soluciones habitacionales.

Por otra parte, se constata el crecimiento del subsector de producción de materiales y elementos al que, en parte, se dedica este trabajo. Se trata de componentes neutros, que tienen como principales destinatarios usuarios con escasas capacidades adquisitivas. Ambas características propician la construcción mediante el empleo de mano de obra abundante y procesos de producción selectivos en bienes de capital, bienes que en este momento, y dado el desarrollo tecnológico local, no se entendería que fuesen importados, como se ha defendido en varios momentos de este trabajo. Una muestra de ello, son los ejemplos recopilados.

Es preciso considerar la interacción de diversos factores a la hora de abordar la compleja cuestión de los asentamientos informales que se encuentran en las periferias de buena parte de las ciudades latinoamericanas, ubicados muchas veces en lugares recónditos, que en ocasiones no permiten el acceso de grúas o de maquinas pesadas. La gestión urbana y el planeamiento se relacionan con aspectos técnicos como las infraestructuras, pero a la vez los planes y ayudas públicas conviven con multitud de pequeñas iniciativas particulares de construcción, ampliación o mejora de viviendas.

Por ello, a la hora de pensar en tecnologías *posibles*, es preciso pensar el problema a distintas escalas. El urbanismo y las infraestructuras requerirán sin duda una visión territorial, pero a la vez parece posible pensar en las tecnologías que pueden ayudar a dar respuesta a las demandas de pequeñas acciones. Ampliaciones, reformas, consolidaciones... muchas y variadas, son las iniciativas que los propios habitantes emprenden con la intención de mejorar las características físicas de su entorno. Pensar en tecnologías sencillas, que se puedan producir en series cortas capaces de adaptarse a múltiples entornos y que a la vez ofrezcan mejores prestaciones que los métodos tradicionales parece una opción viable de trabajo.

La implantación de la financiación por microcréditos o micro-subsidios contribuye al proyecto de este tipo de elementos que constituyen soluciones parciales pero completas. Completas, porque suponen el proyecto de un elemento que no requiere acabados posteriores, y parciales, porque dejan de lado la idea del prototipo y de la unidad de vivienda terminada, para ofrecer un elemento agregable, una mejora o una ampliación de lo que ya existe, a lo que no sustituyen, sino que complementa.

Este tipo de elementos y componentes se ofrecerían a los usuarios minoristas como una posibilidad de mejora en el tiempo. Resulta difícil pensar que el sector privado y formal, que emplea técnicas tradicionales de construcción, vaya a emplear estos componentes de manera masiva. Sin embargo, sí parece viable plantear su empleo a gran escala por todos aquellos pequeños constructores que amplían, mejoran o reparan sus viviendas. El fomento de

este tipo de elementos y sistemas estaría buscando en este caso una rentabilidad social.

Al pensar en este tipo de sistemas surge también la cuestión de cómo poner en marcha el proceso. En la realidad social de América Latina es posible encontrar ya la necesaria red de pequeños productores y auto-construtores. Además del financiamiento, sería necesario incidir ahora en la difusión de este tipo de sistemas. Es aquí donde adquieren especial relieve las tareas de recopilación de datos, divulgación y transferencia de conocimiento; así como catalogar los procesos de fabricación, ejecución y sus distintas aplicaciones.

El trabajo con este tipo de elementos puede contribuir a dotar de mejores características técnicas a las construcciones surgidas de las iniciativas particulares de los propios habitantes, ayudando a la consolidación de los barrios gracias a la acción progresiva. Pueden ayudar a mejorar el conjunto a través de la suma de acciones particulares. Se trataría del reflejo tecnológico de los sistemas *micro* que, sin embargo, han de interactuar con lo *macro*: con la planificación urbana, el acceso al suelo, la intervención en las infraestructuras y la acción pública.

Los componentes neutros, por sí solos, no van a solventar los retos que plantean estas cuestiones. Sin embargo, las tecnologías compatibles presentan un alto potencial de capacidad para contribuir a la consolidación de los asentamientos informales. Se trata de acciones que, a la vez, deben acompañarse de operaciones estructurales en el terreno de las infraestructuras y del planeamiento urbano. Los componentes neutros no son la respuesta, sino una posible vía, entre todas las necesarias, para abordar tan amplio y complejo problema.

5.7

CUARENTA AÑOS DESPUÉS DEL PREVI-LIMA: ENSEÑANZAS PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA DE BAJO COSTE EN LATINOAMÉRICA⁷²

¿Qué fue PREVI en 1970?

Frente al contexto europeo, en el que el espacio urbano se planifica y construye de manera formal; la situación latinoamericana se caracteriza aún hoy por el predominio de procesos informales. La existencia de numerosos asentamientos no planificados, así como los procesos de auto-construcción de muy diverso tipo, generan un contexto social, técnico y constructivo, que es preciso considerar al plantear soluciones posibles de habitabilidad que empleen tecnologías industrializadas de coste reducido.

¿Qué opciones ofrece la industrialización en estos ámbitos en los que lo informal convive con lo planificado? ¿Cómo responde la industrialización en un entorno en el que es más que probable que se produzcan procesos de autoconstrucción? El PREVI: *Proyecto Experimental de Vivienda*, realizado en Lima hace cuatro décadas, proporciona algunas claves sobre la acogida e interpretación que los usuarios de las viviendas planteadas han realizado. El hecho de que la mayoría de las propuestas presentadas al concurso hayan sido construidas, unido a la mención explícita que se hacía en las bases de la convocatoria sobre el empleo de procesos industrializados, han hecho del barrio PREVI un banco de pruebas que permite extraer algunas conclusiones. Con el paso del tiempo (Fig. 5.12), y a la vista de las transformaciones que sobre los proyectos han llevado a cabo los usuarios, parece posible evaluar las distintas respuestas que se ejecutaron en este concurso de vivienda social latinoamericana.

El PREVI comenzó a gestarse en 1967, se trataba de una propuesta puesta en marcha por el gobierno peruano con el fin de trazar un plan de mejora de la situación de la vivienda en Lima. A petición de Naciones Unidas, se realizó un

72 Este Apartado 5.7 es de alguna manera resultado del trabajo de investigación conjunta realizado por la Ing. peruana Raquel Barrionuevo, que en su momento participó en el equipo de técnicos peruanos del PREVI, la Dra. Patricia Lucas que ha realizado una brillante tesis doctoral con el título: “El Concurso del Tiempo: las viviendas progresivas del PREVI-LIMA” que recibió la calificación de “Aprobado por Unanimidad con Laudem” y el autor J. Salas, director de la mencionada tesis durante una estancia de la Dra. Lucas en el Instituto de Ciencias de la Construcción E. Torroja.

estudio previo para determinar si la problemática de la vivienda local era representativa de la situación de los países en vías de desarrollo, y ante la respuesta afirmativa, el programa contó con la participación de Naciones Unidas. El PREVI en su versión inicial constaba de tres planes o programas de vivienda, denominados *proyectos piloto* en las bases del concurso, y cuyos objetivos eran los siguientes:

- **El PP1** se proponía la construcción de un barrio de nueva planta a partir de las propuestas surgidas de un concurso de ámbito nacional, al que se presentaron 28 propuestas peruanas, e internacional, en el que tomaron parte 13 equipos extranjeros. Para participar en esta sección, Peter Land, arquitecto británico vinculado a la organización, eligió una serie de equipos entre los que se encontraban algunos de los arquitectos más relevantes de aquellos años. Fueron invitados a participar en la sección internacional de PREVI: Atelier 5 (Suiza), Aldo van Eyck (Holanda), Christopher Alexander (USA), Candilis, Josic and Woods (Francia), José Luís Íñiguez de Ozone y Vázquez de Castro (España), James Stirling (Reino Unido), Toivo Korhonen (Finlandia), Germán Samper (Colombia), Fumihiko Maki, Kionori Kikutake (Japón), Charles Correa (India), Herbert Ohl (Alemania), Knud Svenssons (Dinamarca), Oskar Hansen y Svein Hatloy (Polonia).
- **El PP2** consistía en la elaboración de un estudio con planes prácticos para la rehabilitación y renovación urbana de áreas degradadas de la ciudad de Lima.
- **El PP3** tenía como objetivo la realización de un proyecto de viviendas de bajo coste mediante procesos de autoconstrucción, aportando la asistencia técnica que fuera necesaria.

El fuerte terremoto que asoló Lima el 30 de mayo de 1970 llevó finalmente al desdoblamiento del PP3 en dos programas, uno que continuaba con las ideas de autoconstrucción del PP3 y otro que trabajaba con propuestas sismorresistentes y que pasó a denominarse PP4. El PP4 surge como la búsqueda de soluciones al problema de los damnificados en los desastres naturales: sismos, incendios o aluviones.

Si atendemos a la nómina de participantes de la sección internacional del PP1, nos encontramos con algunos de los nombres más destacados de lo que ha venido denominándose *tercera generación del movimiento moderno*. Se trata de un grupo de arquitectos que, aunque en ese momento empezaban a cuestionar algunos de los postulados surgidos en las primeras décadas del siglo, mantienen buena parte de sus intenciones, como demuestra su preocupación sobre el tema de la vivienda social. A fecha de hoy, Charles Correa, uno de los arquitectos invitados a concursar en PREVI, reflexiona así sobre este hecho (HUIDOBRO G., 2008):

Por supuesto, ya desde los inicios del siglo XX los arquitectos se habían implicado en la vivienda social. Fue el motor que hizo funcionar al movimiento moderno, el que desencadenó las preocupaciones -y la imaginación- de Walter Gropius, Le Corbusier y otros. ¿Por qué? Porque entendieron la excepcional relación entre vivienda y arquitectura. [...] Hoy todo eso ha

cambiado. Para la mayor parte de los arquitectos, los encargos más codiciados son los museos y los aeropuertos; ambos se ubican en solares verdes y normalmente libres de valores culturales.

Este interés por la vivienda, unido a un entorno como el peruano en el que era necesario ajustar con precisión los costes y las tecnologías, favoreció la presentación de una serie de propuestas que pretendían ser innovadoras en cuanto a los procesos constructivos. De hecho, en el Plan de Operaciones del PREVI, se hacía referencia expresa a estos requerimientos al describir los propósitos del PP1 (BARRIONUEVO R., 1971):

Diseño y construcción de un nuevo asentamiento urbano de viviendas de bajo costo, con sus correspondientes facilidades y servicios comunes, basadas en la investigación y desarrollo de soluciones de diseño y tecnología, nuevas o existentes, buscando aumentar la eficacia de los recursos utilizados en la construcción y reducir los costos directos de la misma.

Estas premisas incentivaron la presentación de proyectos que planteaban opciones tecnológicas capaces de ser asumidas por la realidad técnica y empresarial del Perú de la época. Se trataba de sistemas constructivos que, lejos de una sofisticación puntera que hubiera resultado inabordable en ese entorno, sí eran capaces de proponer procesos de racionalización y de industrialización de los procesos de obra, así como una reducción de los costes. Se trataba de opciones que pretendían dar respuesta a un amplio sector intermedio afectado por problemas de vivienda en Latinoamérica. Sin embargo, no se dirigían directamente a paliar los casos de pobreza extrema, a aplicarse en situaciones de urgencia o a responder a desastres naturales, ámbitos que dentro del PREVI, encontraban una respuesta más ajustada en el plan PP3, en el que se instaba expresamente a trabajar en ese terreno y a proponer: “un sistema de “lotes y servicios” para el asentamiento de familias migrantes y de ocupantes sin títulos (de las tierras tomadas) con muy bajos ingresos” (BARRIONUEVO R., 1971).

El PREVI quiso ser una oportunidad para construir soluciones viables y económicas que pudieran dar respuesta al problema de la vivienda social latinoamericana. Se proyectaron y construyeron viviendas con sistemas industrializados, que pretendían economizar los costes y reducir los tiempos de obra, y se ensayaron buena parte de las propuestas de industrialización económica de la época. Actualmente, el paso del tiempo y los procesos de ampliación y construcción informal que se han producido sobre las viviendas PREVI, hacen posible evaluar estos sistemas industrializados, no solo desde el punto de vista de su economía o durabilidad, sino también considerando cuáles de ellos han resultado más flexibles y adaptables para los usuarios, o cuáles han convivido mejor con las transformaciones realizadas sobre las viviendas por sus habitantes.

¿Qué es PREVI actualmente?

Una de las características más reseñables del PREVI fue que una buena parte de las propuestas presentadas acabaron materializándose (Figs. 5.12 y 5.13). La necesidad de vivienda y la ambición con que se planteó el concurso llevaron a construir la mayoría de los proyectos internacionales presentados. Se encargaron alrededor de 20 viviendas a cada uno de los equipos. A diferencia de las convocatorias en las que se selecciona a una minoría de participantes para que construyan, el carácter experimental y ejecutivo de la iniciativa permitió poner a prueba las distintas opciones que los equipos internacionales barajaban. Ante la gravedad del problema, se entendió que no era posible permitirse el lujo de dejar en el papel las numerosas propuestas de calidad presentadas. “El informe final del jurado [...] manifestó el deseo de resaltar la importancia de que se usaran al máximo las diferentes ideas propuestas por los participantes nacionales e internacionales” (BARRIONUEVO R., 1971). Este hecho hizo del PREVI un banco de pruebas de técnicas constructivas, y por otra parte, generó un conjunto de viviendas pensadas como tejido urbano que actualmente sigue en uso.

El PREVI a fecha de hoy es un barrio dentro de la ciudad de Lima (Fig. 5.12), un barrio singular que agrupa los distintos tipos de vivienda proyectados por los arquitectos que participaron en el concurso, pero que lejos de mantenerse al margen del proceso de cambio y modificación de la ciudad de Lima, se ha visto completado, transformado y ampliado por sus usuarios. De esta manera, los proyectos construidos del PREVI permiten ver cuál ha sido la aceptación por parte de los habitantes de las premisas arquitectónicas de partida.

Al examinar los principales cambios que ha sufrido el barrio, salta a la vista el aumento de densidad residencial que se ha operado en el tejido urbano a través de las sucesivas ampliaciones, añadidos y crecimientos en las viviendas (Fig. 5.14). Frente a la opción de los años sesenta, que planteaba una o dos alturas, la realidad apunta al crecimiento vertical (Fig. 5.15 y 5.16). Las dinámicas urbanas y las ampliaciones realizadas por la mayoría de los habitantes han llevado hacia un segmento de ciudad en el que abundan las edificaciones de tres o cuatro plantas y en las que los usos comerciales se mezclan con los residenciales (Fig. 5.17).

De esta manera, el aumento de la densidad edificatoria, la mixtura de usos y la búsqueda de una variedad formal que rompe las series e individualiza las viviendas, son quizá los principales cambios sufridos por los proyectos del PREVI. El uso y el tiempo, a través de las sucesivas ampliaciones, ha efectuado una transformación del proyecto que afecta, no solo individualmente a cada casa, sino también a la agrupación urbana. Los usuarios, a través de sus intervenciones, han interpretado y modificado la propuesta de conjunto. Cabría preguntarse ahora si también ha ocurrido lo mismo con la propuesta tecnológica.

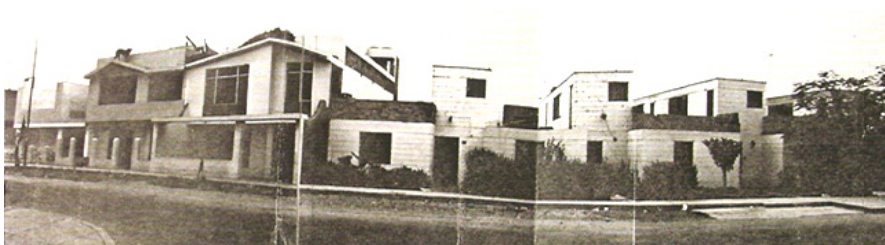


FIG. 5.12

Transformación de las viviendas PREVI. Proyectos I11y P7 en su estado original. Estado actual de las propuestas I11, P7, I2, P5, I9, P9, I5 y P21.

FIG. 5.13

Lima: el barrio PREVI en la actualidad. Fuente: elaboración de P. Lucas a partir de Google Maps.





FIG. 5.14
La Unidad Vecinal Experimental del PREVI.
Fuente: Archivo PREVI.



FIG. 5.15
Crecimiento en altura de las viviendas. (Foto: P. Lucas).



FIG. 5.16
Crecimiento en altura de las viviendas. (Foto: P. Lucas).



FIG. 5.17
Mezcla de usos en el
barrio PREVI actual. (Foto: P. Lucas).

Racionalización constructiva y crecimiento en el tiempo

Las bases del concurso instaban a la presentación de propuestas que, a través de la racionalización y la adecuación técnica del diseño, mejorasen los costes y tiempos de obra que proporcionaban las técnicas tradicionales. La apuesta por la innovación estaba clara, pero a la vez había que adecuarla a la realidad limeña de la época, marcada por la migración campo-ciudad y la efervescencia de la construcción suburbial espontánea en los llamados *pueblos jóvenes*, asentamientos informales surgidos a raíz del *desborde popular*. En las acertadas palabras del antropólogo peruano Matos Mar (MATOS M., 2004):

A las invasiones de tierras en la sierra, acompañan grandes invasiones de predios urbanos en la capital y ciudades principales, dando lugar al crecimiento desmesurado de barriadas y asociaciones vecinales.

Era necesario contar con que los usuarios, al recibir las viviendas, iban a emprender actividades constructivas de transformación y mejora. De la conjunción entre el deseo de innovación y la realidad local, surgieron las que quizás son dos de las líneas de trabajo más claras dentro del concurso PREVI: la apuesta por la racionalización constructiva y el crecimiento en el tiempo.

La presión demográfica que la migración desde el campo estaba ejerciendo sobre la ciudad y la aparición de asentamientos espontáneos en los que predominaba la autoconstrucción, hacían pensar que los usuarios de las viviendas podían completarlas y ampliarlas con el tiempo. Los habitantes de las nuevas viviendas habían probado ya, en el sector informal, su capacidad de acción edificatoria. Por ello se plantea a los equipos participantes en el concurso no tanto la realización de un producto acabado, como la construcción de un proceso estructurado desde el que seguir creciendo: “Las viviendas serán diseñadas para familias con dos a seis niños, y con posibilidades de expansión para acomodar en el futuro hasta diez personas aproximadamente” (Archivos PREVI).

Este planteamiento, ya en la temprana fecha de 1968, vendría a cuestionar el entendimiento de la vivienda como producto acabado. La propia necesidad y la atención al entorno local habrían llevado a las propuestas a plantearse la vivienda como un proceso constructivo diferido en el tiempo, capaz de adaptarse a las distintas configuraciones familiares de los que, a la vez que habitan la casa, la van transformando.

A este hecho contribuye también la estructura familiar local, que presenta diferencias con respecto a la familiar nuclear tipo para la que suelen proyectarse las promociones de vivienda pública europea. Este tipo de agrupaciones se vería favorecido por la organización económica del sector informal o “*contestatario*” en palabras de Matos Mar:

Las empresas del sector contestatario tienen carácter predominantemente familiar, lo que les da una identidad muy particular. En ellas participan no solo la familia nuclear sino también la extensa (hermanos, tíos, cuñados, primos).

La organización familiar extendida, que se podía apreciar entre los destinatarios de las viviendas, habría dado origen a un nuevo tipo de casa, que no respondería ni al esquema de vivienda individual y unifamiliar, ni al de vivienda colectiva sustentada en la idea de propiedad horizontal, es decir del *piso*.

García-Huidobro denomina *multifamiliares* a estas viviendas de apariencia individual, pero que albergan a distintos núcleos familiares, generalmente con relaciones de parentesco entre ellos.

La vivienda multifamiliar responde a organizaciones familiares diversas, con una complejidad creciente [...] Sin sacrificar la independencia y la calidad de vida, las familias se benefician del ahorro y la eficiencia de la economía de la gran familiar.

Es en estas familias ampliadas, además, en las que es más fácil que se produzcan actividades de autoconstrucción que hagan de la vivienda un sistema crecedero. No en vano, la consideración de esta realidad social local ha sido origen de algunas de las propuestas más destacadas dentro del ámbito de la vivienda latinoamericana. En las “viviendas galpón” del mexicano Carlos González Lobo (GONZÁLEZ L., 1999), en las propuestas del chileno Alejandro Aravena o en las realizaciones del CEVE argentino, es posible detectar, con distintos matices, esa misma idea de la vivienda *semilla*, ampliable, mejorable o crecedera en el tiempo.

El estado de transformación en que actualmente se encuentra el PREVI, aunque haya desdibujado por completo muchas de las propuestas formales de los arquitectos, hace evidente la favorable acogida popular de la necesidad del crecimiento. Tal y como se previó, las viviendas se han ampliado. Lo que cabría preguntarse ahora es cómo lo han hecho, por una parte teniendo en cuenta las transformaciones a las que se han sometido los tipos de vivienda y por otra considerando las técnicas constructivas empleadas en las ampliaciones.

De la misma manera que las bases del concurso instaban a la flexibilidad en el diseño, incentivaban también el empleo de tecnologías con capacidad de adaptación a las transformaciones y cambios (BARRIONUEVO R., 1971):

Todos los diseños de las viviendas, así como la tecnología de la construcción, deberán estar basados en el concepto de flexibilidad y de crecimiento progresivos (horizontal y/o vertical), para satisfacer el carácter dinámico y cambiante de las familias que integran la comunidad en sus aspectos social, cultural y económico.

Se buscaban, por tanto, propuestas flexibles y a la vez innovadoras, capaces de reducir costes y tiempos de obra. La intención de mejorar el proceso constructivo dejaba la puerta abierta a las técnicas industrializadas que en ese momento se estaban utilizando en Europa. Pero a la vez, la pretendida flexibilidad y la adaptación a la realidad técnica peruana del momento, hacían necesarias las matizaciones.

Entre los años 50 y 70 la industrialización vivió en los países tecnológicamente más avanzados de Europa un periodo de “masividad, euforia y negocio: Los sistemas a base de grandes paneles fueron dominantes en la llamada Europa

del Este y cuantitativamente muy importantes en los países de la Unión Europea” (SALAS J., 2000). En algunos de los proyectos internacionales presentados al PREVI es posible encontrar todavía muestras de esta confianza en la industrialización pesada. Las propuestas de Polonia y Alemania, dos países en los que se desarrollaron y emplearon estas técnicas, pretendieron transferir a Lima estas prácticas constructivas. (Ver Figura 5.18).

Sin embargo, no será esta la apuesta tecnológica mayoritaria en el concurso. Alrededor del año 1970 se inicia en Europa una nueva etapa para la construcción industrializada, *la crisis del petróleo, la reducción del tamaño medio de las obras, y la proporción de viviendas unifamiliares* abrieron una etapa de “crisis y perplejidad”, en opinión del autor. Se empieza a cuestionar entonces la rigidez de los sistemas pesados y su capacidad de adaptación cuando el número de viviendas de cada promoción no es especialmente elevado. Es entonces cuando se empieza a hablar también de los llamados “elementos compatibles”.

La crítica a la prefabricación pesada que durante los años setenta se realizaba en Europa, unida a las particularidades de la realidad técnica peruana, llevaron a varios participantes a proponer sistemas que más que industrializados podríamos denominar como racionalizados. En esta línea se puede situar la propuesta del *Tabibloc* de Íñiguez de Onzoño y Vázquez de Castro (Ver Figura 5.19) (VÁZQUEZ J. A. 1981) o los paneles livianos realizados a pie de obra que planteaba el equipo suizo Atelier 5. Otros equipos, como el formado por los colombianos Esquerri, Sáenz, Urdaneta y Samper, o el holandés, con Aldo van Eyck (Ver Figura 5.20) a la cabeza, proponían sistemas que racionalizaban las técnicas convencionales empleando bloques de hormigón modulados para formar muros de albañilería armada. Se trataba en ambos casos de ensayar técnicas que mejoraran los procesos tradicionales de construcción, pero que a la vez, no cayeran en la exportación directa de tecnologías incapaces de adaptarse a la realidad limeña.

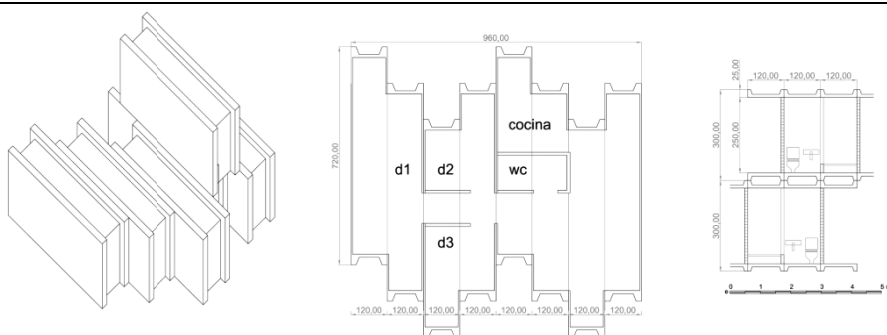
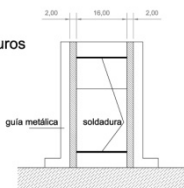
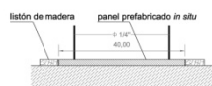


FIG. 5.18

Propuesta de industrialización pesada: PREVI-PP1-Proyecto I6-Alemania. Arquitecto: Herbert Ohl.

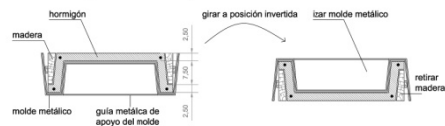
MURACRET

Sistema de prefabricación para muros



DURACRET

Sistema de prefabricación para techos



TABIBLOC

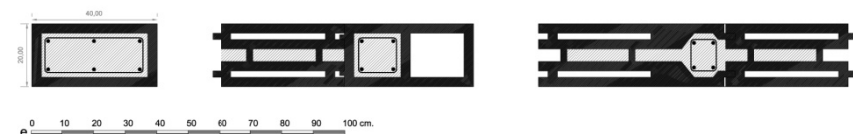


FIG. 5.19

Racionalización constructiva (PREVI-PP1) Arriba: Proyecto I4-Suiza. Arquitecto: Atelier 5. Abajo: Proyecto I9-España. Arquitectos: Íñiguez de Ozoño y Vázquez de Castro.

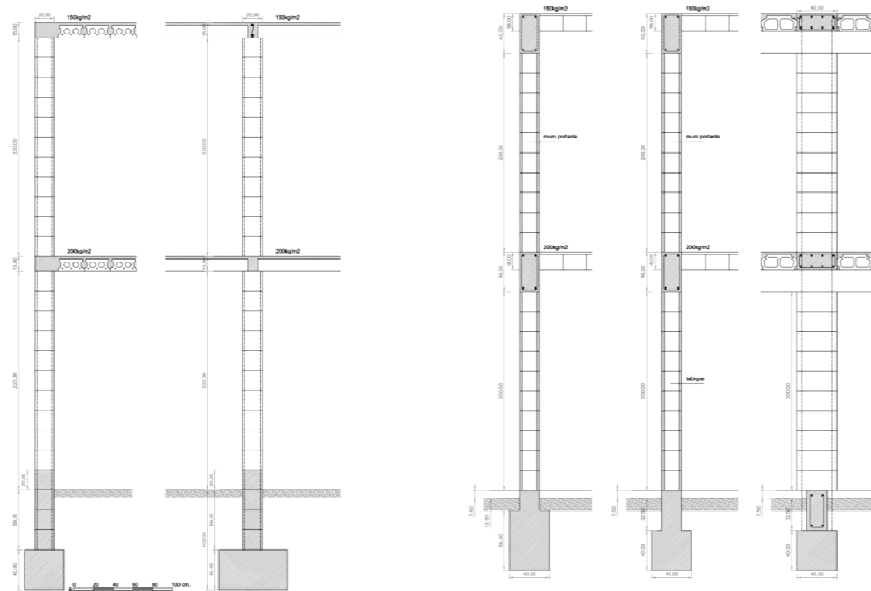


FIG. 5.20

Albañilería racionalizada (PREVI-PP1) Izquierda: Proyecto I11-Holanda. Arquitecto: Aldo van Eyck. Derecha: Proyecto I8-Japón. Arquitectos: Kikutake, Maki, Noriaki y Kurokawa.

Las propuestas industrializadas del PP1-PREVI

La vocación de innovación tecnológica del concurso se convirtió en una premisa específica cuando se afrontó la ejecución de la llamada Unidad Vecinal Experimental, el barrio surgido al construir las propuestas del PP1 del PREVI. Al afrontar la puesta en obra se busca lograr la aplicación, a la vivienda social de técnicas constructivas innovadoras dentro de las limitaciones presupuestarias indicadas (BARRIONUEVO R., 1971):

El objetivo perseguido fue adaptar y poner en práctica algunos sistemas constructivos de naturaleza experimental propuestos por los concursantes, desarrollar nuevos elementos modulares para los sistemas convencionales, mejorar algunas prácticas y métodos existentes, diseñar y experimentar nuevas soluciones de instalaciones y desarrollar un concepto integral para el equipamiento de los espacios interiores.

En un breve repaso a las propuestas de industrialización planteadas en los proyectos originales del PP1 se observa una considerable variedad de soluciones constructivas que, sin embargo, es posible agrupar en tres familias (Tabla 5.8). Podríamos hablar de proyectos que apuestan por una industrialización pesada a la europea (Ver Figura 5.18), otros que optan por el empleo de la albañilería racionalizada (Ver Figura 5.19) y otro grupo de propuestas que abren una interesante vía intermedia que trabaja con procesos racionalizados, basados en la utilización de elementos ligeros más o menos industrializados producidos en pequeñas plantas o a pie de obra (Ver Figura 5.20).

El proyecto PREVI que quizá ejemplifica de manera más clara las propuestas de industrialización pesada europea, fue el del equipo alemán de Herbert Ohl (INVI.PREVI, 1988) (Ver Figura 5.18), que aparece descrito de la siguiente manera:

El sistema constructivo propuesto consiste en la yuxtaposición desfasada de grandes módulos o marcos de hormigón armado de 7.20 m de largo, 3m de alto y 1.20 m de ancho, que se unen por medios mecánicos (pernos o bulones). Cada módulo tridimensional pesa 6Tn. y es prefabricado en moldes de acero en una planta central cerca de la obra. El montaje se efectúa mediante un puente grúa rodante especial que permite su desplazamiento.

Propone también la construcción de una escalera de caracol a base de elementos prefabricados tridimensionales.

Como se puede observar en la propuesta alemana, el PREVI surge en un momento en el que todavía la industrialización pesada era la panacea tecnológica del Norte. Pero el hecho de que en las bases del concurso se hiciera referencia a la posibilidad de que las viviendas fueran ampliadas o modificadas por los propios usuarios, hizo que algunos de los equipos dejaran de lado estas soluciones de grandes elementos tridimensionales, más tecnológicas, pero muy rígidas de cara a posibles modificaciones. La necesidad de adaptación llevó a algunos participantes a optar por lo que se conoce como *albañilería racionalizada*, una mejora organizativa de técnicas tradicionales basadas en el empleo intensivo de mano de obra. O bien, a presentar sistemas de prefabricación ligera, o de racionalización de pequeños elementos, que en ocasiones se producían en pequeñas series a pie de obra.

Dentro de este tipo de apuestas por la racionalización constructiva puede clasificarse la propuesta del *Tabibloc*, presentada por el equipo español de Íñiguez de Onzoño y Vázquez de Castro (Ver Figura 5.19) (INVI.PREVI, 1988):

El sistema constructivo consiste en albañilería confinada realizada con un bloque de hormigón de diseño especial denominado Tabibloc. Cada bloque presenta cuatro tabiquillos que conforman tres espacios interiores, el central que se rellena con mortero, formando una barrera acústica y los laterales que permanecen huecos para mejorar el aislamiento térmico del muro. El Tabibloc presenta 18 variantes de diseño [de bloques] para solucionar intersecciones, encuentros y resolver uniones. En todos los casos funciona como encofrado perdido.

También la propuesta del equipo suizo Atelier 5 podría servir como ejemplo de este tipo de técnicas constructivas, ya que propone la construcción con paneles prefabricados a pie de obra que funcionan como encofrado perdido (Ver Figura 5.19).

Estaríamos cerca de los sistemas de racionalización de los que habla Le Corbusier en “Hacia una arquitectura” cuando describe su proyecto de viviendas para Pessac y dice: “Se trata de una verdadera industrialización de la albañilería” (LE CORBUSIER, 1977). Curiosamente, en el barrio PREVI como en Pessac, nos encontramos con un tejido residencial compuesto a través de piezas de baja altura, de unidades que se agrupan, pero que no conforman grandes bloques de vivienda colectiva susceptibles de ser construidos a través de elementos pesados. Lejos de las grandes estructuras, estas viviendas no requieren de tecnologías sofisticadas, sino más bien de la planificación de sistemas que racionalicen la construcción a base de elementos ligeros.

Dentro de esta misma línea, aunque más cerca ya de la denominada *albañilería racionalizada*, es posible encuadrar la propuesta del equipo del holandés Aldo van Eyck (Ver Figura 5.20):

El sistema constructivo emplea el hormigón y el acero como materiales básicos. Consiste en muros de albañilería armada realizados con bloques de hormigón modulados. La cubierta se realiza con módulos huecos de hormigón armado que cubren las luces entre muros y/o vigas. Se trata de una prefabricación lineal liviana. El nombre de la patente es SKALJA-VITESA.

También la propuesta del equipo japonés de Kikutake, Maki, Noriaki y Kurokawa, estaría en este mismo grupo. Propone un sistema de albañilería armada con bloques de hormigón tipo PREVI (Ver Figura 5.20).

En PREVI se proponen distintas innovaciones tecnológicas, pero ¿qué aportaciones y transferencia de resultados se han producido con el tiempo? A la vista de las sucesivas transformaciones de las viviendas, es posible evaluar la viabilidad real y la interpretación constructiva que han tenido las propuestas industrializadas del PREVI, así como plantear la posible transferencia de su uso a otros ámbitos latinoamericanos. El hecho de que las viviendas del PREVI sigan en pleno uso permiten también verificar la respuesta que estos sistemas han dado cuarenta años después de su construcción y además comprobar cuáles han sido las propuestas que han dado mejores resultados cuando los usuarios han decidido ampliar sus viviendas mediante autoconstrucción.

TABLA 5.8
TRES FAMILIAS TECNOLÓGICAS DEL PP1 DEL PREVI

1. EQUIPOS INTERNACIONALES

PREFABRICACIÓN PESADA O SEMIPESADA (Fig.5.18)

- Herbert Ohl (Alemania): Prefabricación pesada de grandes elementos tridimensionales
- Oskar Hansen y Svein Hatloy (Polonia): Prefabricación semipesada
- James Stirling (Reino Unido): Prefabricación en obra de grandes paneles tipo sándwich

PREFABRICACIÓN LIGERA O RACIONALIZACIÓN CONSTRUCTIVA (Fig. 5.19)

- Atelier 5 (Suiza): Paneles ligeros prefabricados a pie de obra que funcionan como encofrado perdido
- Íñiguez de Ozone y Vázquez de Castro (España): Tabibloc: sistema de bloques de hormigón que funcionan como encofrado perdido con cámara de aire y conforman prácticamente la vivienda
- Christopher Alexander (USA): Paneles y viguetas prefabricados en obra
- Knud Svenssons (Dinamarca): Hormigón *in situ* con encofrados metálicos modulares

ALBAÑILERÍA RACIONALIZADA (Fig. 5.20)

- Candilis, Josic and Woods (Francia): Albañilería armada y viguetas prefabricadas en forjados
- Germán Samper (Colombia): Albañilería armada y aligerados de hormigón en forjados
- Aldo van Eyck (Holanda): Albañilería armada y módulos huecos de hormigón en forjados
- Kikutake, Maki, Kurokawa y Noriaki (Japón): Albañilería armada y bloques de hormigón
- Charles Correa (India): Albañilería armada a base de bloques de hormigón
- Toivo Korhonen (Finlandia): Albañilería armada a base de bloques de hormigón

2. EQUIPOS PERUANOS

PREFABRICACIÓN PESADA O SEMIPESADA

- Miguel Alvaríno: Prefabricación bidimensional para muros y techos: grandes paneles huecos y modulados
- J. Gunther y Elsa Mazzarri-Manuel Llanos: Prefabricación pesada tridimensional
- Juan Reiser: Prefabricación de paneles en T invertida y losa vaciada *in situ* en la cubierta

PREFABRICACIÓN LIGERA O RACIONALIZACIÓN CONSTRUCTIVA

- Ernesto Paredes: Albañilería armada de bloques de concreto y semiprefabricación liviana en el techo (Techo Domozed) que reduce en 40% el costo del techo aligerado convencional
- C.Morales-E.Montagne: Prefabricación ligera de módulos de reducido espesor que sirven de encofrado perdido para el vaciado *in situ* de muros, losa canal nervada para la cubierta
- Williams-Núñez-Miroquesada, Smirnoff-Ramírez-Wiskowsky-Chaparro y J.Crousse-J.Páez: Hormigón vertido *in situ* en muros y techos. No se trata de prefabricación, sino de racionalización constructiva.

ALBAÑILERÍA RACIONALIZADA

- Eduardo Orrego: Albañilería armada, que en Perú se aplicó por primera vez en PREVI
- Luís Vier: Albañilería confinada para muros y losa aligerada para forjado y cubierta
- Cooper-García Bryce-Graña-Nicolini: Albañilería confinada de bloques de hormigón y techos semiprefabricados de reducida espesor (U invertida).

Fuente: Barrionuevo R., Lucas P. y Salas J.

Los proyectos presentados al PREVI aportaron un variado catálogo de soluciones constructivas. En varios casos era posible detectar una apuesta por la racionalización y la prefabricación ligera de pequeños elementos, algunos incluso realizados *in situ*. Aparte de la adecuación a la realidad local, estas opciones constructivas resultaban también interesantes por el posible germen industrial que podían generar en el tejido empresarial de la zona.

Sin embargo, pasados cuarenta años que evidencian que la *construcción incremental* no ha parado en el barrio, es difícil detectar el arraigo de las propuestas tecnológicas en el tejido empresarial local. La mayor parte de las ampliaciones y crecimientos de las viviendas se han realizado empleando técnicas nítidamente tradicionales. ¿Significa esto que las aportaciones tecnológicas del PREVI no fueron aprovechadas? Si por una parte parece que no arraigaron en el mercado local, por otra sí es posible detectar la relación de las tecnologías propuestas en el PREVI con otras técnicas constructivas empleadas en Latinoamérica.

Algunos aspectos económicos

A la hora de analizar tecnologías de bajo coste destinadas a la construcción de vivienda social no es pertinente ceñirse únicamente a los aspectos técnicos, sino que por la propia formulación del problema, se hace necesario atender también cuestiones de gestión económica. Por eso, al evaluar las tecnologías del PREVI y pensar en su posible vigencia en la actualidad, es preciso preguntarse por las condiciones sociales y económicas en que se desarrolló el concurso.

El PREVI surgió como iniciativa de Fernando Belaúnde Terry, arquitecto y presidente de Perú entre los años 1963 y 1968 y se plantea como una propuesta de vivienda social en la que el Estado aparece implicado. Por otra parte, hay que señalar también, la participación activa de Naciones Unidas junto al gobierno peruano apoyando la iniciativa. Distintos avatares políticos llevaron a un cambio de gobierno, pero la idea inicial de la propuesta se mantuvo, se trataba de un proyecto de vivienda con participación pública. A fecha de hoy, una de las primeras cuestiones que es necesario plantearse es si esta determinación política inicial sigue vigente, si la vivienda se sigue entendiendo hoy como una tarea del Estado o si más bien se ha convertido en un ámbito de inversión de mercado.

Por otra parte, como casi siempre que se invoca a la industrialización de la construcción, aparece el problema laboral. El PREVI contemplaba la posibilidad de la construcción participativa, un supuesto que habría que comprobar si sigue vigente en nuestros días. Además, a la hora de emprender proyectos de vivienda industrializada, se hace necesario considerar también la influencia que las distintas propuestas tecnológicas tienen sobre el empleo. La espinosa cuestión de la creación de puestos de trabajo, que estos procesos industriales tienden a reducir, ha sido en muchos casos un freno para su implantación; puesto que se han interpretado como generadores de desempleo, más que como una oportunidad para fomentar la creación de puestos de trabajo más cualificados y con mejores condiciones laborales.

Por tanto, a la hora de plantear soluciones de vivienda industrializada no solo habría que considerar la posibilidad de transferir unas determinadas prácticas constructivas, sino también verificar si la situación de desarrollo industrial y económico que esas técnicas implican, suponen una opción social y económicamente viable en el país donde se implantan. En el caso de la vivienda protegida es preciso, además, verificar la capacidad adquisitiva de la población a la que se dirigen y adaptándose a esta situación, plantear soluciones constructivas que se muevan en un rango de precios que las haga viables. A la hora de evaluar las tecnologías del PREVI y su posible vigencia actual, habría que preguntarse también, dentro de lo económico, quiénes fueron los destinatarios de esas viviendas y quiénes podrían serlo ahora en Perú y en otros países latinoamericanos.

¿A qué sector económico se dirigían hoy las propuestas PREVI?

Los proyectos construidos del PP1 del PREVI se destinaron a familias de “escasos recursos, pero con cierta capacidad adquisitiva”. Igualmente (BARRIONUEVO R., 1971) (Ver Figura 5.21):

En lo que respecta al costo de las viviendas, la comunidad pretende abarcar una sección representativa de familias de ingresos bajos, pero con posibilidades de destinar un porcentaje de los mismos para la adquisición y financiación de sus viviendas.

Estaríamos, por tanto, lejos de los niveles de pobreza extrema hacia los que se dirigiría la propuesta del PP3 de *sitios y servicios*.

Las familias a las que se dirige el PP1 del PREVI, a pesar de contar con ciertos recursos, no tenían fácil el acceso a la vivienda de mercado. La documentación oficial caracteriza así a este grupo social (Archivo ININVI.PREVI, 1971):

El sector al cual se quiere atender (en el año 1968) abarcará las familias con ingresos familiares de aproximadamente 2,800 a 5,800 soles mensuales. Sin embargo, se explica entre paréntesis que, debido a la situación económica, este propósito inicial varió a lo largo del tiempo. (En el desarrollo posterior del proyecto variaron los costos de construcción, los ingresos familiares y las condiciones de financiamiento, haciendo necesaria una actualización permanente de precios hasta el momento de adjudicación de las viviendas).

En un principio, los proyectos del PREVI estaban dirigidos a un sector socio-económico diferente del que posteriormente ocupó las viviendas. Cuando se plantea el concurso, las zonas cercanas al área del PREVI estaban siendo ocupadas por migrantes y familias locales de escasos recursos, pero con capacidad de construcción progresiva en el tiempo. Se pensaba que PREVI sería el ejemplo a seguir. Sin embargo, las familias que se instalaron en PREVI, once años después, estarían más cerca de la llamada clase media: empleados bancarios, profesionales independientes, funcionarios de la administración pública..., un grupo social que, aunque vio mermada su capacidad adquisitiva por la crisis, no perdió la oportunidad de hacer crecer *informalmente* sus viviendas. Por otra parte, durante la época del gobierno militar, no hubo

especial interés en promover los resultados del PREVI y dar asistencia técnica a aquellos que quisieran ampliar las viviendas, lo que probablemente contribuyó también al empleo de técnicas constructivas tradicionales en los crecimientos sucesivos.

Para extraer posibles enseñanzas y aplicaciones actuales de las propuestas del PREVI, un proyecto experimental de vivienda realizado en los años 70, parece conveniente apuntar algunos datos sobre la situación económica peruana actual, al menos en lo que se refiere a los porcentajes de distribución del ingreso nacional por quintiles. (Tabla 5.9).

TABLA 5.9
PERÚ: PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO NACIONAL POR QUINTILES DE POBLACIÓN

AÑO	PIB POR HABITANTE (A PRECIOS CORRIENTES DE MERCADO) (\$ USA)	% DE INGRESO 5º QUINTIL	% DE INGRESO 4º QUINTIL	% DE INGRESO 3º QUINTIL	% DE INGRESO 2º QUINTIL	% DE INGRESO 1º QUINTIL
2008	4471,30	52,09	21,65	13,73	8,50	4,03

Fuente: *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2009*, (CEPAL, ONU, 2010).

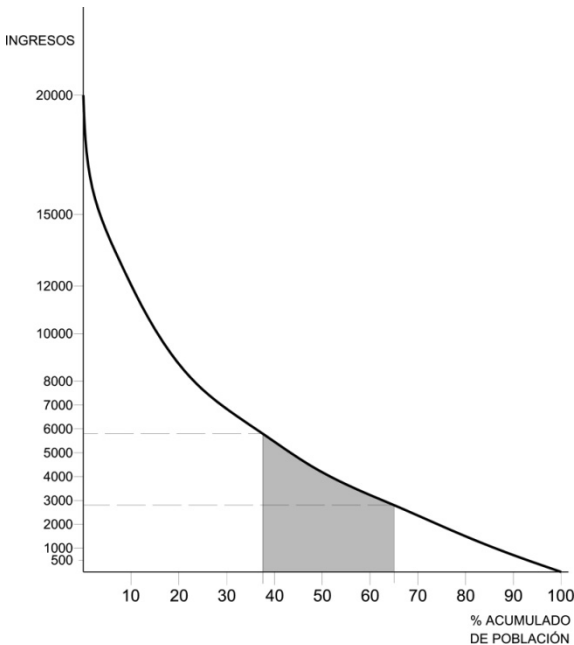


FIG. 5.21
Grupo social al que
se destinaba el
PREVI. Fuente:
Publicación PREVI
(2).

FIG. 5.22

Perú 2006:
Distribución del ingreso en relación con los precios de la construcción en salarios/m².

Datos: *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe* 2009, (CEPAL. ONU, 2010).

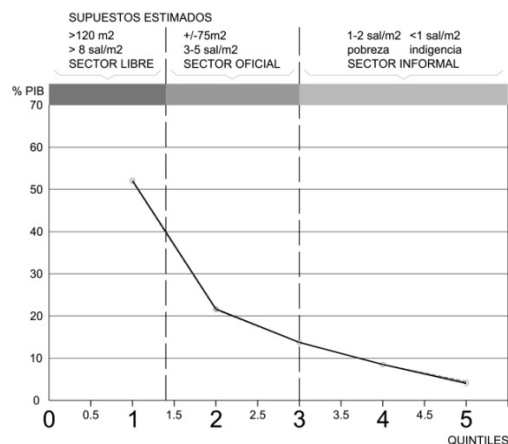
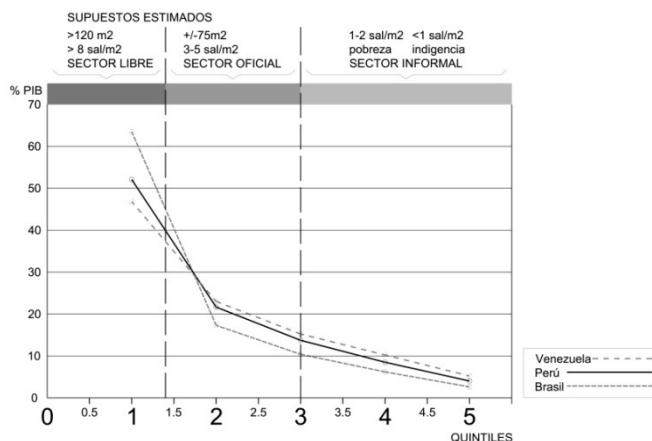


FIG. 5.23

Perú, Brasil y Venezuela: Ingreso en relación con los precios de la construcción en salarios/m².
Distribución del ingreso por quintiles en relación con los precios de la construcción en salarios/m².

Datos: *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe* 2009, (CEPAL, ONU, 2010).



Como ocurre en otros países latinoamericanos, se constata que más de la mitad del ingreso peruano lo acapara el quinto quintil, mientras que el 48% restante se distribuye entre el 80% de la población, de manera que dos quintas partes de los peruanos, los que se encuentran en el primer y segundo quintil, disponen tan solo de un 12, 53% del ingreso nacional. Este reparto tan diferenciado tiene su reflejo en el sector de la construcción. El quintil más favorecido, debido a su nivel de ingresos, puede generar un mercado para viviendas equiparables a las europeas que, sin embargo, se muestran como soluciones inaccesibles para la mayor parte de la población. Este hecho ayudaría a explicar la falta de arraigo de las soluciones industrializadas tipo PREVI en el tejido empresarial peruano. (Ver Figura 5.21).

Puede ser de interés intentar una posible relación entre el porcentaje de consumo del ingreso con el coste de la vivienda en número de salarios por metro cuadrado, y relacionar estos datos con tres hipotéticos sectores que operan en el mercado de la construcción y que denominamos como: libre, oficial e informal. El resultado que se obtiene apunta en la dirección señalada antes. Tan solo el quintil más favorecido responde a las características económicas del sector libre de la construcción. Los dos quintiles siguientes

podrían responder a los presupuestos de un sector oficial en el que la vivienda contase con algún tipo de ayuda por parte de los poderes públicos; y los dos quintiles más desfavorecidos que estarían dentro de los parámetros que rigen en los sectores informales⁷³. (Ver Figuras 5.22 y 5.23).

Ante esta situación económica, soluciones como las que se barajaron en el PREVI podrían hipotéticamente dar respuesta a la demanda de vivienda de los sectores sociales situados alrededor del tercer y cuarto quintil, aunque lamentablemente dejarían fuera de su ámbito de aplicación al sector más desfavorecido, el último quintil, cuya situación económica parece responder más a propuestas del tipo *sitios y servicios*. De hecho, en el propio PREVI, junto a los proyectos de vivienda, se llevó a cabo la redacción de un proyecto de este tipo, el PP3 que ya hemos mencionado antes.

¿Serían viables las soluciones PREVI en otros países latinoamericanos?

Atendiendo a la distribución del ingreso por quintiles puede constatararse que la situación de Perú es bastante similar a la de otros países latinoamericanos. Comparando los datos actuales (enero 2015) con los de Brasil y Venezuela, que presentan respectivamente el mayor y el menor ingreso porcentual para el primer quintil, la situación peruana se presenta como intermedia entre dos extremos que no están significativamente distantes entre sí, lo que nos lleva a pensar en la viabilidad de las soluciones PREVI para otros países latinoamericanos. (Ver Figura 5.23).

La superposición de las curvas de ingresos por quintiles en distintos países de la zona, arroja un panorama económico en el que, a pesar de las singularidades nacionales, el reparto sigue unas tendencias uniformes, lo que hace factible pensar en la posibilidad de aplicar soluciones similares para sectores sociales en situaciones análogas en otros países latinoamericanos.

Enseñanzas deducidas de las realizaciones PREVI

Cuarenta años después de la construcción de las propuestas del PREVI, parece posible extraer varias conclusiones o enseñanzas en relación con el propio concurso y con las tecnologías constructivas que se presentaron, también considerar el resultado que estas han dado, de cara a plantear su posible vigencia para la construcción de nuevas viviendas en Latinoamérica.

La primera cuestión a tener presente evaluar sería el planteamiento del propio PREVI y de las que se han considerado dos de sus apuestas básicas: el crecimiento en el tiempo y la racionalización constructiva. En el caso de la primera propuesta cabría señalar el acierto del concurso al incorporar ya en sus bases la llamada de atención hacia la que fue, y sigue siendo, una situación típica de la realidad latinoamericana. Valorar las posibilidades de ampliación y plantear esta cuestión a los arquitectos invitados, contribuyó en buena medida

73 El modelo de análisis está tomado de: SALAS, J., coordinador *"Iberoamérica ante HABITAT II. Actas de las jornadas celebradas en la Casa de América"*, CYTED, Ministerio de Fomento, Madrid, 1996 (CYTED, 1996).

a que estos plantearan tipos de viviendas susceptibles de crecer de manera adecuada, evitando en lo posible la generación de estancias mal iluminadas y/o escasamente ventiladas.

En lo que respecta al otro eje del planteamiento del concurso, la apuesta por la innovación técnica, cabría señalar el acierto en lo que se refiere a promover técnicas de racionalización constructiva y prefabricación de elementos ligeros. Apostar por la innovación y a la vez solicitar flexibilidad, llevó a algunos equipos, como el de Vázquez de Castro e Íñiguez de Onzoño, Samper, Aldo van Eyck o Atelier 5, a presentar propuestas que se movían en un grado intermedio de industrialización. Se proponía en estos casos la mejora de la organización del proceso constructivo y la realización de piezas seriadas en pequeñas plantas de producción *intensivas en mano de obra y selectivas en bienes de capital* o incluso a pie de obra. Este camino intermedio entre la industrialización importada y la construcción tradicional, parece a fecha de hoy una de las vías con más posibilidades en Latinoamérica.

Por otra parte, no es casual que fueran precisamente los equipos de Alemania, Polonia y Reino Unido, países con un alto grado de desarrollo tecnológico, los que presentaran soluciones prefabricadas con elementos pesados. Otra de las conclusiones que es posible extraer del PREVI es la relación directa de las tecnologías con las condiciones sociales y económicas del lugar en el que se gestaron, los *genes tecnológicos* en expresión de K. Reddy (REDDY K., 1998).

El hecho de que estas condiciones no sean fácilmente exportables, hace evidente la atención que hay que prestar a la evaluación de las capacidades técnicas reales del lugar en el que van a construirse los proyectos, especialmente cuando se trata de proyectos de cooperación. No parece posible plantear la prefabricación de elementos cuyo peso o volumen sean incapaces de mover las personas y/o las maquinarias locales simples. De ser así, los proyectos se convertirán en propuestas inviables, a menos que también se pretendan exportar a esos países patentes y equipos, con lo que probablemente no se conseguiría otra cosa que acrecentar su dependencia tecnológica y en consecuencia económica.

A la vista de las propuestas del PREVI se puede evaluar de manera positiva la capacidad de adaptación de la industrialización ligera y de los procesos de racionalización constructiva. Pero, al observar las modificaciones realizadas en los proyectos y comprobar que se han realizado mayoritariamente con técnicas tradicionales, parece obligatorio preguntarse por qué estas tecnologías no han arraigado en el tejido industrial local.

Es aquí donde quizá sea necesario apelar a motivos económicos. Parece probable que el sector de la construcción se haya movido de acuerdo con las necesidades de los quintiles que mueven la mayor parte del ingreso y que haya dejado de lado la posible implementación de tecnologías que en un primer momento estaban enfocadas hacia otros grupos sociales. En la actualidad, 2014, Perú se encuentra en un momento de crecimiento económico gracias al desarrollo de un importante sector agrícola exportador y parece previsible el aumento en la demanda de viviendas. Las nuevas condiciones podrían hacer

viable considerar experiencias como el PREVI y considerar sus aplicaciones no solo en Perú, sino posiblemente también en otros ámbitos latinoamericanos.

5.8

COMPONENTES CONSTRUCTIVOS COMO SOPORTE DE UNA INDUSTRIALIZACIÓN “POSIBLE” DE LA VIVIENDA.

Acotaciones al concepto de *componente* (posibles enseñanzas de la experiencia europea)

Las barreras técnicas que frenaban la libre circulación de productos entre los países comunitarios desaparecieron. Se han consolidado nuevas formas técnico-empresariales de carácter multinacional para acometer realizaciones concretas, se producen convulsiones importantes en las atribuciones profesionales, se incrementan las transacciones de materiales y de mano de obra multinacional... pero ha sido en el intercambio de componentes constructivos, de determinados tipos de componentes constructivos (gammas evolucionadas, de fuerte valor añadido, con tecnología incorporada importante...), donde se han producido transformaciones notables especialmente en el aumento de su empleo, en su importación-exportación y en la aparición de propuestas realmente innovadoras.

Utilizaremos en adelante el concepto de “componente constructivo”. Parece el momento de acotar su contenido al objeto de precisar, en lo que sea factible, qué se entiende como tal y qué implica para la edificación esta presencia de la industria en las obras.

El empleo masivo de componentes constructivos puede presentar ciertos efectos “desestabilizadores” en el sentido de propiciar cambios importantes por esta presencia industrial entre los diversos actores del sector: la transferencia de valor añadido de la industria a la obra (en proporciones incluso superiores a las que suponía la llamada “prefabricación cerrada”); puede hacer que disminuya el poder de los constructores frente al de los industriales. Incidiendo en esta misma idea L. Kroll (KROLL L., 1987) afirma: “Antes que una forma de construcción, los componentes son una redistribución de poderes y roles, una transformación del significado de edificar” y Michel Platzer, mantenía en forma premonitoria en el catálogo de la exposición “Architecture et Industrie” (Centro G. Pompidou, 1984) que

(...) sin tambores ni trompetas, los industriales, proporcionando a las empresas constructoras componentes de edificación, han iniciado y ganado una revolución industrial de envergadura, que alcanza hoy día su pleno desarrollo: no buscar más a la industria, ella está presente aquí, por todas partes.

El acercamiento al tema constructivo de la vivienda plantea, al menos, dos tipos de enfoques globales: la vivienda *como un todo* y la vivienda como un *conjunto de elementos funcionales* de la misma. Ambos puntos de mira pueden responder a estrategias o filosofías distintas.

Se propone adoptar como *elemento funcional* o unidad de proyecto el grupo de variables que deben ser objeto de decisiones conjuntas de diseño; estas unidades de proyecto tienen una correlación en la descomposición del edificio en elementos funcionales que pueden, o no, conformarse o materializarse utilizando componentes industrializados⁷⁴. (SALAS J., 1997)

Aunque de forma algo imprecisa, entenderemos por *componentes* partes invariables de edificios diferentes que responden a exigencias funcionales, técnicas y económicas del cometido que se les encomienda, satisfaciendo por tanto, condiciones de: compatibilidad por su forma; de coordinación por sus dimensiones y de flexibilidad combinatoria. La cotidiana y masiva presencia de componentes en la edificación en España, nos permitimos seguir apuntando matices del caso español, por si pudiese servir de interés y soporte de cara a nuestra reflexión con la vista puesta en Latinoamérica, no es resultado de que la industria ponga a punto nuevos procesos de fabricación para aplicarlos a la edificación; los procesos y las infraestructuras de producción existen, son las usuales en la industria: laminación de acero, aluminio, plástico, madera, materiales sintéticos..., extrusión continua de perfiles de cualquier sección compleja, conformación por plegado, mandrilado, soldadura, pegado, corte,..., producción continua de elementos multicapa (sándwich) por inyección de espuma entre láminas, prensado, rociado de revestimientos, inmersión... Son técnicas de plena vigencia en otros sectores productivos que paulatinamente “invaden” nuevos capítulos de obra.

Una constante en estas tecnologías de producción es la tendencia al ahorro de materias primas y semielaboradas, ahorro que se consigue mediante la transformación mecanizada de materias primas y semiproductos en elementos constructivos complejos, por lo general más ligeros en peso y mas parcos en volumen que las soluciones homólogas “tradicionales”, también minimizando desperdicios, factor que grava y repercute en la construcción artesanal⁷⁵.

Obviamente, el éxito de los componentes no se garantiza al superar los problemas de producción. La estructura sectorial juega un importantísimo papel; por ello, quienes proponen sin más sacar elementos al mercado y

74 Un tramo de escalera es una unidad de proyecto y puede o no ser también un componente industrializado. Lo que caracteriza la similitud entre componentes y unidades de proyecto es su valoración global en la que se incorporan materias primas, materiales conformados, productos, accesorios y tareas, que le permiten desempeñar su función específica. En el caso anterior, el tramo de escalera incluirá la valoración total de todo aquello que permite desarrollar la función de *acceso vertical* en condiciones de seguridad, iluminación, ambientación, etc., de modo que también pueda conocerse la magnitud económica final de este elemento funcional en el conjunto del edificio.

75 Conviene recordar que los desperdicios, desechos, pérdidas y roturas se han evaluado en hasta un 10 % de los materiales y componentes que llegan a la obras cuando éstas cuentan con un apreciable nivel de racionalización y organización y llegan a alcanzar el 20 % en obras con procesos tradicionales escasamente planificados.

esperar a que se produzca la compatibilidad universal de la que germinará la industrialización abierta, mitifican un mundo que casi nada tiene de idílico.

Los componentes no irrumpen milagrosamente en el mercado, tampoco en el de las viviendas de tamaño reducido y/o de bajo coste. Negamos por utópica la viabilidad de la compatibilidad universal de componentes; pero la práctica abundante en cualquier sitio o lugar, sí testifican sobre las posibilidades de una compatibilidad acotada, delimitada, que por supuesto, no es espontánea.

Siguiendo con la delimitación del contenido de los componentes, distinguiremos entre *específicos* y *autónomos*. Por específicos entenderemos los fabricados por una empresa determinada con vocación de combinarse entre ellos de muy diferentes formas, permitiendo soluciones variadas, pero conforme a reglas internas muy rígidas; los componentes autónomos, por el contrario, son susceptibles de ser empleados fuera o dentro de un sistema en no importa qué tipo de uso, respetando únicamente los condicionantes de su propia función.

Fruto del trabajo del equipo de proyecto, de la combinación entre componentes específicos y autónomos pueden resultar subsistemas e incluso sistemas constructivos prácticamente integrales, no necesariamente “cerrados”.

Producción en serie y diversificada

Lucien Kroll, llevando a un extremo terrorífico el argumento de la venta como razón y motor del proceso de industrialización en general —también de la vivienda—, apoya el principio por el cual la industria debe vender, pero vislumbrando otras cualidades:

(...) la lógica de una industrialización de la edificación rabiosamente diferente a la que los arquitectos han perfilado durante el último medio siglo, inspirada en las formas de conducirse en otras ramas de la producción,... propugnando una cierta responsabilidad digamos, moral, espiritual y poética.

Resulta comprensible que entre los objetivos internos de una determinada industria de componentes esté el tratar de repetir confortablemente su producto —si fuese posible hasta saciar el mercado—, sin preocuparse de advertencias de tipo cultural, medioambientalistas, estéticas, de seguridad o de sostenibilidad o... La razón última de este objetivo, no es otra que el hecho por el cual los costos de producción tienen un componente prácticamente constante —costes fijos— y otros que son función directa del volumen de producción —costes variables—; en consecuencia, el coste unitario final disminuye, aunque no *ad infinitum*, con el aumento del tamaño del lote (KROLL L., 1987).

Amordazar la variedad del producto no parece que sea hoy el camino más fructífero para bajar costes, incluso aumenta la tendencia contraria, la practicada por numerosas empresas competitivas, también pequeñas y medianas, que ofrecen variedad de producto como argumento de venta. La cantidad de "variedad" suele ser negociable: de una parte, la necesidad real requerida por condicionantes de proyecto, por otra, las posibilidades intrínsecas de variación

(grado de diversidad) del proceso productivo. En la práctica, se solicitan con demasiada frecuencia componentes estandarizados de un determinado catálogo empresarial, pero proponiendo variaciones, lo que hace que el producto final solicitado ni sea de catálogo, ni pueda acogerse a los beneficios de la producción industrial. Los estragos de estas peticiones de componentes reconocibles como "de catálogo, pero...", sólo pueden paliarse con catálogos que suministren información técnica veraz y suficiente.

Tres formas de producir pueden diseccionarse con cierta nitidez de cara a posibles futuros en países latinoamericanos, en unos más que en otros a menor o mayor plazo, aunque abundan los casos híbridos: *producción bajo pedido, por lotes y continua o de grandes series*. La producción bajo pedido se acomoda bien a los casos particulares y específicos, y es sabido que en edificación, gran parte de las realizaciones revisten estas circunstancias. Un ejemplo emblemático de este tipo de producción es la practicada por los prefabricadores de fachadas de encargo ya aludidas. El producto final suele ser resultado de pactos y claudicaciones mutuas entre arquitecto y productor.

La producción por lotes de productos estándar es la gran forma de producir del momento. En ella concurren los mayores esfuerzos para hacer realidad el binomio producto industrial-variedad. La meta es la producción de lotes de productos diferentes, pero aplicando los principios de la producción continua a la fabricación de grupos de componentes similares.

Las dicotomías libertad-cadena de ensamblaje, espíritu-tecnología, etcétera, son a menudo miopes. Se está viendo que si alguna libertad podemos conservar será explotando y llevando al máximo la tecnología, y no frente a ella,... Es mucho más fácil organizar un ejército poniendo a sus componentes en bloques de diez individuos por banda, que organizar un grupo informal de individuos. Pero es evidente que sólo métodos e instrumentos más complejos pueden ofrecernos productos menos complicados, más susceptibles de ser asumidos y no meramente consumidos por el usuario.

Son reflexiones de Xavier Rubert de Ventós, que traemos en apoyo del tema que nos ocupa y que Renzo Piano, con la autoridad y respaldo de su obra construida, tiene el acierto de condensar:

La producción industrial tiene en cuenta la cultura científica y tecnológica de nuestro siglo y es en parte por ello, una manera de revolucionar el lenguaje de la arquitectura.

La producción continua o de grandes series (pero no necesariamente en cadena) es la modalidad en la que aparece con mayor grado de simbiosis la producción en serie de lotes diferenciados. Realidad constatable hoy, en Europa pese a que tan sólo hace unas décadas era una quimera, una intuición de los que veían más adelante y preveían que la industria podía hacer que la diversidad no fuese necesariamente un lujo.

Estereotomía de la vivienda y aproximación a la repercusión económica de los componentes (SALAS J., 1991)

El sector construcción genera leyes sutiles, no explícitas, que actúan como filtros de posibles soluciones que desde distintos orígenes se proponen al mercado de la vivienda. Es por ello, que en el caso de los *componentes*, parece lógico tratar de cuantificar aunque de forma porcentual y orientativa, el orden de magnitud de la repercusión de cada familia de componentes sobre el costo de construcción de las viviendas, lo que equivale a una parcelación del mercado en tantos segmentos como elementos funcionales fuesen posibles materializarse con componentes de mercado.

Hemos de prevenir al lector de que los resultados cuantitativos que siguen, se toman de un trabajo realizado hace unas décadas en España, por lo que en modo alguno se proponen como soporte sobre los que adoptar decisiones o deducir conclusiones, pensando en el hábitat Latinoamericano hoy, en modo alguno debe de hacerse⁷⁶. La Tabla que sigue distingue entre cinco elementos funcionales del *edificio* y seis de la *vivienda*. Por simple acuerdo, se entenderá como *vivienda* únicamente el conjunto de espacios y órganos que quedan tras la puerta de acceso a la misma, siendo el resto partidas imputables al *edificio*.

Hoy, el mercado más dinámico de componentes, subsistemas, productos y elementos de catálogo, apunta hacia la consecución, mediante gamas abiertas, de componentes industrializados, de repercusiones sobre el coste de construcción que podrían alcanzar globalmente hasta el 60%, valor sensiblemente superior al de cualquier "sistema cerrado" que difícilmente pasa del 40 %. Ello es factible, por ejemplo, en base a las siguientes gamas de componentes: Estructura (8,0 %), elementos horizontales (16,6 %), elementos verticales interiores (17,5 %), elementos verticales exteriores (17,5 %), equipo de la vivienda (9,3 %).

Suponiendo equipamientos y acabados de calidad similar en las viviendas y edificios en los dos casos, los resultados porcentuales sobre el **precio de construcción** de los elementos funcionales para los tipos de viviendas estudiadas, se recogen en la Tabla 5.10 Siguiendo con la distinción entre **edificio** y **vivienda** los resultados fueron los siguientes:

76 Se presentan estos resultados a modo de orientación. Si se incluyen, es por varias razones: los resultados se expresan en valores porcentuales sobre el coste total de construcción de las viviendas (mucho menos sensible a las variaciones que en el caso de que fuesen valores absolutos); las variaciones en las tipologías de viviendas predominantes –cercanas a lo que hoy tratamos como viviendas de tamaño reducido– no se han visto sometidas a alteraciones, ni bruscas, ni sustantivas; finalmente, porque conseguir una muestra tan extensa como la que dio origen a los valores que se presentan no es baladí: 26.249 viviendas ejecutadas en 20 provincias españolas, que reunían las condiciones de ser promociones subvencionadas de más de cien viviendas cada una.

Por tratarse de valores porcentuales, se estima que, pese al tiempo transcurrido y a la lejanía geográfica de sus realidades, las diferencias, se intuyen escasas. Resulta previsible un crecimiento relativo de la repercusión de los elementos funcionales «equipos del edificio» y «equipo de la vivienda», así como de la «cocina y baño», pero en conjunto, el esquema empleado y los resultados, hoy, nos parecen de interés para apoyar una reflexión teórica.

Los valores recogidos en la Tabla 5.11 dan pautas para auscultar y juzgar el camino de los componentes constructivos y la preponderancia de unas familias tecnológicas sobre otras en el sector vivienda.

A fin de poder concretar, se seleccionaron y definieron dos viviendas-tipo que resultaron las más representativas de la amplia muestra de viviendas estudiadas; alertamos nuevamente, que en España y en los años noventa del pasado siglo (SALAS J., 1995), con más que aceptable representatividad en los casos A (viviendas en bloque lineal) y B (viviendas en bloque puntual). La repercusión económica se hizo sobre capítulos de obra totalmente acabados. Es decir, que el conjunto de los once elementos funcionales constituyen la vivienda y el edificio totalmente terminados.

TABLA 5.10

ESTEREOTOMÍA DEL EDIFICIO Y DE LA VIVIENDA	
EDIFICIO	1.- Excavaciones: Nos parece poco significativo y muy fluctuante el analizar el capítulo de excavaciones por depender básicamente de la ubicación del proyecto y de las características del terreno.
	2.- Cimentaciones: La repercusión por metro cuadrado construido es del orden de un 1,34% en el bloque lineal.
	3.- Cubierta: La repercusión de la cubierta es de un orden de un 2,26% en el bloque puntual que es el más reducido.
	4.- Plano de contacto: La repercusión del plano de contacto oscila del 1,79% para las viviendas unifamiliares a un 0,49% en el bloque puntual.
	5.- Estructura: La repercusión de la estructura varía de un 5,33% en la vivienda unifamiliar a un 9,96% en el bloque puntual
	6.- Vestíbulo, accesos y ascensor: Este capítulo recoge el recorrido completo de acceso del exterior hasta la entrada de la vivienda y supone un 2,5% en el bloque lineal (no existe ascensor) y un 5,0% en el bloque puntual (con ascensor).
VIVIENDA	7.- Elementos horizontales: La repercusión de los elementos horizontales (forjados o entresijos totalmente acabados) oscila desde el 16,31% en la vivienda en torre al 17% en la vivienda lineal.
	8.- Elementos verticales (interiores): La repercusión oscila de un 5,32% en la vivienda unifamiliar a un 24,15% en la vivienda lineal.
	9.- Elementos verticales (exteriores): La repercusión oscila desde un total de 22,68% en la vivienda unifamiliar al 14,03% en la vivienda puntual.
	10.- Equipo: La repercusión del equipo oscila desde un 4,99% en la vivienda unifamiliar a un 11,72% en la vivienda lineal.
	11.- Terrazas y lavaderos: La repercusión total de las terrazas y lavaderos es de 3,34% en el bloque puntual y de 2,46% en el lineal. Estos elementos no constan en la vivienda unifamiliar estudiada.
	12.- Cocina y baño: La repercusión total de cocina y baño, oscila desde 4,54% en la vivienda unifamiliar, a los 11,09% en la vivienda lineal y a 12,39% en la puntual.

TABLA 5.11
REPERCUSIÓN PORCENTUAL DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES DEL “EDIFICIO” Y DE LAS “VIVIENDAS”

ELEMENTOS FUNCIONALES (*)	VIVIENDA TIPO A	VIVIENDA TIPO B
Del Edificio y de la Vivienda	Vivienda en «bloque lineal» de cuatro plantas, con dos viviendas por planta, superficie útil de 72 m2, con eje de simetría longitudinal, tres dormitorios, estar-comedor, baño y cocina. REPERCUSIÓN PORCENTUAL SOBRE EL TOTAL DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN	Vivienda en «bloque puntual», de ocho plantas, con cuatro viviendas por planta, superficie útil de 70 m2, dos ejes de simetría, tres dormitorios, estar-comedor, baño y cocina. REPERCUSIÓN PORCENTUAL SOBRE EL TOTAL DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN
Cimentaciones	1,34	1,96
Cubierta	3,68	2,26
Estructura	8,75	9,96
Equipo	2,34	1,13
Vestíbulo, acceso y ascensor	3,44	4,97
EDIFICIO	19,55%	20,28%
Elementos horizontales	17,0	16,85
Elementos verticales interiores	32,03	21,39
Elementos verticales exteriores	16,33	14,03
Equipo	10,54	11,72
Terrazas y lavaderos	2,46	3,34
Cocina y baño	11,09	12,39
VIVIENDA	80,45%	79,72%
TOTALES	100,00%	100,0%

Fuente: el autor.

La industrialización “sutil”

Una de las bondades de la estandarización, que en no pocos casos prácticos se ha manifestado como bumerán en su contra, es su natural facilidad de alianza con la planificación. La planificación estatal, itambién la empresarial!, abusó tanto y tan burdamente de la estandarización en los procesos masivos de construcción prefabricada, que de sumiso aliado devino en enemigo secreto. No sólo fue estándar el componente, la vivienda, el edificio, el barrio,...lo fueron las mentes gestoras de los procesos de proyecto, producción y construcción, de forma tal, que segaron de raíz todo atisbo de creatividad. Cualquier propuesta de combinar imaginación y planificación, tenía por respuesta una contundente negativa evocando la estandarización.

En el campo de la producción industrial, las recientes aportaciones de los

sistemas organizativos, la progresiva utilización de máquinas complejas (robotización) y la masiva utilización de equipos para el tratamiento de datos (informática), han modificado substancialmente las técnicas de producción. La informática penetra vigorosamente en las distintas etapas de la edificación, especialmente en sus procedimientos de cálculo, diseño, producción y también en la regulación de las instalaciones del edificio. Mientras esto ocurre, la robótica sigue secuestrada para su empleo en sectores tecnológicos de punta y la racionalización y organización de la obra se muestran permeables en sus tradicionales formas de hacer. Merece destacarse como fundamental, la irrupción masiva (en los países industrializados) de componentes de todo tipo y origen en el hecho edilicio, situación constatable en el terreno de la práctica aunque deficitaria en el de los conceptos (un hecho inédito en el mundo de la arquitectura!). El paso de la percepción del edificio como un todo, a su concepción más reciente como conjunto de técnicas y componentes con origen en la industria convencional, es un fenómeno de singular importancia.

Jean Prouvé acertó plenamente vaticinando formas de producción de materiales y componentes constructivos que hoy son plenamente vigentes en los países avanzados:

Las máquinas bien alimentadas por metales, plásticos reforzados, madera, vidrio, etcétera, saben producir deprisa y bien, componentes complejos, ligeros y llenos de calidad, que pueden ser incluso económicos.

pero fueron Gropius y Wachmann los que más se acercaron a vislumbrar las formas de construir de nuestros días. Una práctica —sin soporte de teoría— que se muestra decidida en la utilización de una industrialización que nos atrevemos a calificar de sutil. Industrialización sutil: la utilización masiva de partes producidas industrialmente en serie, que aportan cotas de valor añadido de procedencia industrial jamás conseguidas, que se incorporan a obras con una decidida vocación de racionalización, pero que arrastran la asignatura pendiente de responder a proyectos aún lejanos del espíritu de la industria.

5.9

POSIBLES ENSEÑANZAS DERIVADAS DE LA PREFABRICACIÓN CERRADA EUROPEA

La dilatada y bien contrastada práctica europea en la producción masiva de viviendas a base de sistemas cerrados de grandes paneles de hormigón, proporciona un buen número de errores y aciertos, que cuando menos merecen una reflexión serena y diferenciada desde las condiciones de contexto concretas de cada caso.

Tratando de pensar desde América Latina, asumiendo el problema de subjetivismo que ello supone y con la indefinición de un ámbito geográfico amplio y diverso como es el que presentan los países que conforman el Área de estudio en la que se dan tremendos contrastes, nos permitimos algunas reflexiones desde Latinoamérica en forma de lecciones aprovechables de ésta práctica, que sugerimos sean sopesadas por cada lector desde su realidad concreta.

Enunciaremos de forma escueta las siguientes:

- **No es cierto que la industrialización de la construcción sea únicamente prefabricación.** Tampoco que ésta sea exclusivamente sinónimo de grandes paneles utilizados en bloques de viviendas en altura. Lo que sí es cierto es que la gran práctica europea fue así. En este sentido, no podemos perder de vista que en Europa la vivienda construida desde la década de los años sesenta del pasado siglo fue predominantemente a base de *departamentos* en altura y que en Latinoamérica las viviendas son fundamentalmente casas de una o dos plantas. Argentina y Venezuela eran los únicos países latinoamericanos que superaban el 15% de viviendas en altura. Este es un dato a tener muy presente al juzgar desde América Latina las prácticas europeas.
- No es condición imprescindible la necesidad de contar con volúmenes de obra tan considerables como los que se manejaban en Europa en décadas anteriores para poder actuar con sistemas cerrados. **Se hablaba de un mínimo imprescindible de 3.000 viviendas agrupadas** realizables a razón de 1.000 viviendas al año durante tres años, para que fuesen sujeto de interés de las empresas productoras de sistemas constructivos.
- Tampoco lo contrario es cierto. Obviamente, **con los sistemas industrializados no pueden ser atendibles cualquier tipo de pedidos:** 30 casas unifamiliares dispersas no parece el pedido más recomendable para realizarlo con grandes elementos. Pese a que ni hay ni puede haber una regla fija, 300 viviendas con un cierto grado de agrupamiento para realizar

en tres años, puede ser hoy, 2016, en Europa un pedido mínimo tentador para una actuación a base de sistemas industrializados.

- No nos parecen extrapolables, ni recomendables, los volúmenes de inversión en plantas de prefabricación que se manejaban como normales en el caso de plantas “llave en mano”, procedentes de Europa: un millón de dólares USA para producir dos viviendas al día; dos millones para 1.000 viviendas al año, etc. Para estos volúmenes de producción, **resulta factible una reducción drástica de la inversión** como consecuencia de someter el proyecto de inversión a la racionalidad de su adecuación a las condiciones de la escasez propias de las promociones de viviendas a las que este libro pretende dirigirse. La comodidad mental, tantas veces practicada, de pensar en **la adquisición de plantas llave en mano en el Norte, nos parece un lujo** que, para viviendas de bajo coste, difícilmente puede permitirse el Sur.
- La herencia de ingentes cantidades de edificios lineales de viviendas -miles y miles de familias condenadas de por vida a estas tipologías- a base de bloques en forma paralelepípedos de cien y más metros de frente, por causa de la importancia atribuida al camino recto de las grúas en la fase de montaje como único argumento, es lección que no debe olvidarse. **La grúa es una herramienta al servicio del proyecto, no un axioma de partida.**
- Una realización industrializada requiere un proyecto concebido y desarrollado desde el conocimiento profundo de las posibilidades y limitaciones del sistema constructivo con el que se ejecutará. Recordemos que Jean Prouvé, pensando en la industrialización a base de elementos metálicos, era partidario de que el proyecto se elaborase físicamente dentro de la industria. **No se debe proyectar en tradicional y ejecutar en prefabricado.** No nos parece de recibo el slogan tantas veces practicado por las empresas productoras y aceptado por ciertos profesionales: “Señor arquitecto, realice su anteproyecto y nosotros se lo prefabricamos”.
- Los gálipos de transporte por carretera (dimensiones máximas de elementos transportables en vehículos normales) fueron causantes de demasiados condicionantes. ¡Cuántos miles de viviendas con habitaciones de 2,40 metros de ancho por el simple hecho de transportar las losas de forjado (elementos de entrepisos) horizontalmente sobre el camión! **Hemos de ser conscientes de los condicionantes, entre ellos los gálipos y los medios de transporte, pero para doblegarlos con soluciones tecnológicas, no al contrario.**
- **Conviene meditar con detenimiento la decisión sobre el peso máximo de los elementos a prefabricar.** Subir a 30 metros de altura un elemento de 3 toneladas, y colocarlo a 12 m. de distancia en una obra en Europa (para lo que se requiere una grúa-pluma de 36 mxTn de momento de vuelco) puede ser una operación tan sencilla o complicada como poner un elemento de 200 kilos a 5 metros de distancia y a una altura de 6 metros en Latinoamérica. Estas son las razones de la proliferación de sistemas constructivos latinoamericanos que con sensatez limitan a 80 kilos el peso máximo de sus elementos.

Pese a los años transcurridos, que nos hacen recomendar prudencia respecto de los valores concretos, no nos resistimos a reproducir un trabajo del Programa CYTED realizado en base a una amplia encuesta trabajada por el arquitecto uruguayo W. Kruk y que presentamos en forma de Tabla 5.12.

TABLA 5.12
ALGUNOS RESULTADOS CUANTITATIVOS SOBRE LAS TIPOLOGÍAS DE “INDUSTRIALIZACIÓN” UTILIZADAS EN LATINOAMÉRICA

TIPO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN	Nº DE CASOS	PROPORCIÓN (%)
Fija	95	61
Móvil	35	22
A pie de obra	26	17
TIPO DE MONTAJE		
Con grúa	39	28
Con equipo liviano	28	20
Manual	72	52
PESO MÁXIMO DE ELEMENTOS		
Mayor de 1.000 Kg.	28	42
Entre 180 y 1.000 kg	16	24
Menor de 180 kg	22	33
TIPO DE MANO DE OBRA REQUERIDA(*)		
Especializada en planta	95	59
No requiere mano de obra especializada en planta	65	41
Especializada en obra	29	28
No requiere mano de obra especializada en obra	75	32

(*) Especializada: Cuando requiere más de 6 meses de práctica en ese oficio o tarea.

Fuente: Elaborada sobre los datos de la encuesta CYTED coordinada por W. Kruk.

Resultan dignos de comentario los valores que arrojan la proporción de plantas fijas —el 61% de los casos—, así como la importancia del montaje manual —el 52% de los procedimientos constructivos—, lo cual confirma una loable adecuación de las tecnologías empleadas a las circunstancias del medio y en particular a las tipologías dominantes de viviendas de una planta. En lo relativo al tipo de mano de obra utilizado en planta, sobresale la alta proporción de casos de especialización en planta lo cual es lógico si se tiene en cuenta lo reducido del sector *construcción industrializada: prefabricación*.

Perfil de la empresa latinoamericana de industrialización de viviendas

No es fácil delimitar los contornos del retrato robot de la empresa-tipo latinoamericana representativa de la muestra estudiada. No obstante, con las reservas del caso, se apuntarán los siguientes rasgos deducidos de los valores medios:

- El usuario de las técnicas industrializadas es una **empresa constructora** privada que trata de abarcar diversos tipos de demandas aparte de la de viviendas (escuelas, locales públicos, servicios, etc.) y de abarcar todo el proceso (proyecto, producción, transporte, montaje, acabados, promoción) bajo el control de la empresa.
- La técnica ha sido incorporada hace menos de 10 años para la construcción específica de viviendas, habiendo entrado en la actividad impulsado por **una primera realización de importante volumen**.
- Utiliza fundamentalmente la **prefabricación en hormigón armado para estructura y cerramientos** en combinación con soluciones tradicionales para la cimentación y la cubierta.
- Incorpora materiales o instalaciones no convencionales, combinando la **prefabricación con el moldeo racionalizado *in situ*** de losas u otros componentes de la vivienda o del edificio.
- Posee una **planta fija** de producción en la que ha realizado una inversión relativamente modesta y realiza el montaje manualmente o con medios auxiliares y de elevación livianos.
- Utiliza **procesos intensivos en mano de obra** no especializada pero siempre en el contexto de la economía formal.

Algunas deducciones de cara al futuro

- El material analizado respecto al presente de la infraestructura existente de la construcción industrializada en Latinoamérica permite, no sin riesgo, el apuntar algunos rasgos de futuro:
- La innovación tecnológica se manifiesta sólo moderadamente al alza en Latinoamérica, como lo demuestra el alto número de empresas (el 60%) con tecnologías relativamente recientes, posteriores a 1980.
- La falta de estabilidad del mercado y de las políticas de vivienda lleva a la necesidad de buscar períodos cortos de amortización y bajas inversiones en plantas y equipos de montaje.
- El desarrollo de las posibilidades de materiales vernáculos, el diseño de nuevos materiales o la incorporación de variedades de los tradicionales, constituyen otra estrategia importante.
- La documentación recogida permite comprobar una naciente transferencia regional, transferencia horizontal Sur-Sur, con adaptaciones a las variadas condiciones locales o de empleo.

El Manifiesto CYTED: “en defensa de la industrialización de la vivienda latinoamericana”

Por tratarse de las conclusiones del trabajo colectivo de un grupo de expertos profesionales, pertenecientes a varios países de América Latina, y considerando que la vigencia de su contenido impregnará las principales

aportaciones de este libro, nos parece de interés reproducir textualmente el llamado Manifiesto CYTED o Declaración Latinoamericana sobre la Industrialización de la Vivienda de Interés Social en cuya elaboración participamos en 1992:

MANIFIESTO CYTED EN DEFENSA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

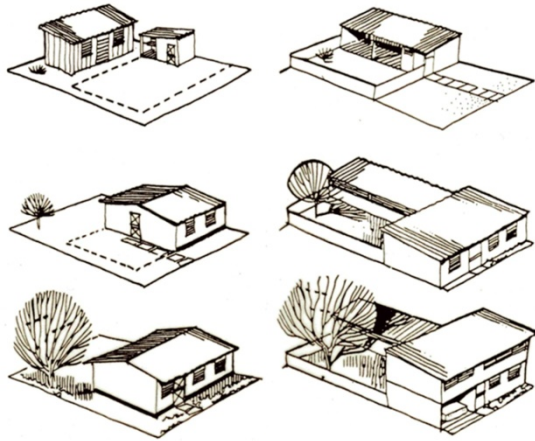
- | | |
|----------------|--|
| Primero | Entendemos que ante la gravedad de la carencia de vivienda de las familias de menores ingresos en Latinoamérica, no es posible ignorar el contexto cotidiano de nuestro trabajo, ni permanecer insensibles ante el futuro inmediato del hábitat latinoamericano que nos apremia permanentemente. |
| Segundo | Reivindicamos la conveniencia de apoyar y fomentar los procesos y técnicas industrializadas como soluciones acordes para enfrentar los grandes volúmenes de obra por construir. |
| Tercero | Reafirmamos el convencimiento de que no hay industrialización más factible que la que se cimienta y construye sobre las bases de la realidad existente en el sector. |
| Cuarto | Los procesos de industrialización idóneos, han de gestarse a partir de nuestras capacidades y materializarse con los medios de que disponemos en nuestros países. Estamos convencidos de que el sensato equilibrio entre concepciones innovadoras y procesos industrializados generará respuestas actuales y factibles. |
| Quinto | Resulta urgente apoyar y fomentar dentro del ámbito latinoamericano: la creación y desarrollo de tecnologías propias y apropiables; los procesos de asimilación y adaptación al medio de tecnologías foráneas, así como los esfuerzos encaminados a convertir las llamadas tecnologías apropiadas en tecnologías que sean competitivas en condiciones de mercado. |
| Sexto | Pese a que América Latina cuenta con profesionales, empresas, técnicas y realizaciones destacables, puede afirmarse que de forma global aún está por desarrollarse la industrialización de la vivienda. Estamos convencidos de que las futuras soluciones, en modo alguno podrán ser ajenas a la realidad del contexto social latinoamericano. Las distintas opciones tecnológicas requieren aprender del sector informal y dar respuestas válidas y coherentes. |
| Séptimo | Llamamos a realizar una reflexión propia sobre la industrialización de la vivienda para los pobres de Latinoamérica, que aporte soluciones impactantes y no paliativas. |

Los abajo firmantes, estamos convencidos de que los problemas del Sur — y el de la vivienda es uno de los graves— o se enfrentan desde el Sur o se perpetuarán ante la falta de soluciones propias.

PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO - CYTED: Proyecto de industrialización de la vivienda de muy bajo coste. São Paulo, Brasil, 1992.

6

LA INDUSTRIALIZACIÓN CON RECURSOS ESCASOS DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA



Introducción

El capítulo que sigue, “La industrialización con recursos escasos de la vivienda latinoamericana”, pretende, como su título apunta, a la presentación de diferentes soluciones vigentes y en expansión que se practican en diferentes países latinoamericanos y que utilizan la industrialización como herramienta de la consecución de soluciones de bajo coste. Esta es la condición preferente que ha servido al autor para seleccionar los distintos procedimientos y sistemas que se presentan seguidamente. En modo alguno puede afirmarse que están todos los que son, si nos atrevemos a enfatizar que son todos los que están. Hemos seleccionado soluciones *posibles, avaladas por la práctica*, que aportan resultados constatables.

De algún modo, hemos tenido muy presente en este capítulo, la división que recogemos en forma de Tabla 6.1 como listados de “Familias de actividades tecnológicas” reales para paliar los costes de construcción de las soluciones habitacionales en Latinoamérica, que hemos ido matizando a lo largo de dos décadas de docencia de postgrado.

La selección de soluciones constructivas, sistemas constructivos o realizaciones elegidas para conformar el presente Capítulo 6, han sido estudiadas “en directo” por el autor y hemos constatado que cuentan con trayectorias consolidadas, con realizaciones en las que se alojan familias. Bien es cierto que el autor no considera que ningún material, solución constructiva, procedimiento de producción de componentes... pueda ser la solución *única y excelente* para cualquier geografía, tipo de promoción, familia necesitada de techo... El autor estima que *no hay una solución única* que pueda anular el papel imprescindible, la razón de ser de los técnicos *viviendistas*, si bien es cierto, que confía en que pueda servirles de ayuda la selección de algunos casos que se describen seguidamente.

De lo que puede estar seguro el lector, es de que en su selección, sólo ha contado el autor de este trabajo con el criterio obsesivo a lo largo de su dilatada trayectoria, de buscar las metas que más se aproximasen a lo que popularmente se define como “lo mejor y lo más barato”. Sinceramente.

TABLA 6.1

FAMILIAS DE "ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS" REALES, CON POSIBILIDADES DE PALIAR LOS COSTES DE CONSTRUCCIÓN DE "SOLUCIONES HABITACIONALES" EN LATINOAMÉRICA	
1.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS ACORDES CON LA REALIDAD: <ul style="list-style-type: none">· Adecuar la "formalidad" a lo que es cotidiano;· Apoyo a la autoconstrucción y a la llamada construcción "incremental";· Fomento de los "bancos de materiales", de créditos "a medida";· Fomento de la investigación-acción en el sector;· Apoyo a las PYMEs productoras y constructoras;· Legalización de la propiedad "de hecho".
2.	TECNOLOGÍAS PARA EL MEJORAMIENTO, DENSIFICACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE "TUGURIOS" Y/O BARRIOS POPULARES EN GENERAL: <ul style="list-style-type: none">· No a los "desalojos", SI "al derecho a permanecer"· Constitución de "consorcios" de barrio;· Fomentar talleres de producción de materiales, componentes, soluciones... a pié de barrio.
3.	CONSTRUIR "ALGO" QUE PUEDE QUE NO MEREZCA EL TÍTULO DE "VIVIENDA": <ul style="list-style-type: none">· Lotes con servicios / pies de casas· Casetas sanitarias.· Programas de segundas etapas;· Pueden no ser viviendas, pero sí "soluciones habitacionales".
4.	REDUCCIÓN DE LA SUPERFICIE CONSTRUÍDA POR UNIDAD FAMILIAR: <ul style="list-style-type: none">· Viviendas "gran galpón".· Soluciones adosadas o superpuestas mínimas, en espera de "crecer".· Procesos de "jibarización" de viviendas.
5.	ELIMINAR O POSTPONER "PRESTACIONES", "ACABADOS", "INSTALACIONES": <ul style="list-style-type: none">· Viviendas "semilla"; "viviendas desnudas"; "Techos para vivir"· Construcción de soportes en espera de ser completados.
6.	REDUCCIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS MATERIALES Y COMPONENTES CONSTRUCTIVOS: <ul style="list-style-type: none">· Minimizar desperdicios;· Utilizar materiales autóctonos;· Evitar materiales o soluciones "importados".
7.	ACCIONES SOBRE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y RACIONALIZACIÓN DE LOS DE CONSTRUCCIÓN: <ul style="list-style-type: none">· Industrialización de la producción de materiales y pequeños componentes;· Racionalización de suministros y de la organización de las obras;· Intensificar (lo que hemos llamado) "ordware".
8.	ACTUACIONES SOBRE LAS FORMAS, LAS TIPOLOGÍAS Y DISEÑOS ARQUITECTÓNICOS: <ul style="list-style-type: none">· Búsqueda de la superficie útil y maximización de los volúmenes utilizables;· Racionalización de soluciones de viviendas en pendientes.· Propuesta de alternativas de crecimiento futuro.· Viviendas crecederas "hacia dentro" (Gran Galpón).

Fuente: J. Salas, del programa del módulo "Industrialización" de los Cursos de Especialización en Cooperación Para el Desarrollo en Asentamientos Precarios", de los que se han realizado 19 ediciones hasta el presente.

6.1

UN TECHO PARA VIVIR

Latinoamérica necesita millones de *techos para vivir*: construir veintiocho millones de nuevos techos y reparar veintiséis millones de techos deteriorados, inadecuados, obsoletos, vulnerables...

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL), en 1996, cifró el déficit habitacional del Área en 25,7 millones de acciones de rehabilitación imprescindibles para mantener en uso el parque de infraviviendas, y en 27,9 millones, el déficit de nuevas viviendas. Adoptando una media de cinco personas por alojamiento, concluye la CEPAL afirmando que 130 millones de latinoamericanos habitan en alojamientos precarios y que 140 millones carecen de vivienda. Un total de 270 millones de latinoamericanos mal alojados o sin alojamiento, es un lastre abrumador y una invariante, que con mayor o menor gravedad, se manifiesta en todos los países del Área.

Hoy, 2016, la mayoría de los latinoamericanos, sí, más de la mitad, viven en villas miseria (Argentina), favelas (Brasil), ranchos (Venezuela), ciudades paracaidistas (México), ciudades piratas (Colombia), pueblos jóvenes (Perú), callampas y/o mediaguas (Chile), limonás (Guatemala), barbacoas (Cuba), tugurios (El Salvador), conventillos, cités, cantigriles, campamentos... formas diferentes de designar parecidas condiciones infrahumanas de vida. Desde esta necesidad y precariedad dimos la bienvenida al trabajo “Un techo para vivir” y felicitamos a su autor-compilador el Prof. Pedro de Lorenzo (de LORENZO P., 2005) por la importancia y utilidad técnica de su contenido. Un techo es una de las primarias aspiraciones de toda familia y puede que sea el primer escalón imprescindible para pasar de supervivientes a la categoría de ciudadanos. El techo —tejado protector— es símbolo de hogar, de cobijo y del refugio que mejor compendia a la casa. Coincidimos con el clásico “Vivienda y Cultura” en el que se afirma que “... los edificios más primitivos no son sino un tejado”.

“Un techo para vivir” no trata de palacios, sí de techos humildes que en casi toda la América Latina nacen con la esperanza de crecer en las cuatro direcciones de la rosa de los vientos y hacia arriba, con vocación de ampliarse y soportar otros techos.

El excelente libro que comentamos es resultado y consecuencia del “Proyecto CYTED” y en nuestra personal valoración, viene a corroborar que para poder divulgar y difundir conocimientos —también soluciones tan de pie a tierra como son las de techos— es imprescindible experimentar e innovar. No disimulamos nuestra satisfacción por los resultados y la trayectoria del libro que comentamos del que hace casi dos décadas vislumbramos su importancia y lo priorizamos cuando al diseñar el “Subprograma XIV: Tecnologías para Viviendas de Interés Social” lo introdujimos entre las diez tareas por realizar.

La consecución de soluciones de cubiertas a base de elementos capaces de ser substitutivos de las placas usuales (de asbesto-cemento o zinc), con cualidades para resistir condiciones climatológicas extremas, con buen comportamiento piroresistente, adecuada durabilidad y realizados prioritariamente a base de materiales y subproductos locales abundantes⁷⁷.

Si tuviésemos que elegir el condicionante más influyente sobre las soluciones de techos, tendríamos serias dudas para hacerlo entre: la climatología, los materiales circundantes y las tecnologías de ejecución. Climatología de la que protegernos, materiales con los que conformar respuestas eficientes y tecnologías *posibles* para su ejecución, puede que sean los patrones de diseño más influyentes. Teniendo en cuenta la riqueza en variedades climáticas latinoamericanas, en materiales básicos autóctonos y en propuestas tecnológicas, la diversidad de las soluciones recopiladas por Pedro de Lorenzo estaba asegurada.

Empecemos por el clima, sin que suponga orden de prelación del trío mencionado. La fuerte diversidad geofísica de la región es culpable sin duda de la variedad de *techos para vivir*. No podemos abstraernos del hecho cierto de que, la región de América Latina y el Caribe, que comprende hoy más de treinta países y ocupa una extensión de unos veinte millones de kilómetros cuadrados, está constituida por un complejo mosaico de paisajes. En el trabajo "Desarrollo y medio ambiente en América Latina y El Caribe", Fernando Tudela (TUDELA F., 1990) afirma que:

La amplitud latitudinal de la región, que rebasa los 30°N en su extremo septentrional y se extiende hasta los 55°S, bastaría para determinar un vasto espectro ambiental, que abarca desde los paisajes típicamente *neárticos*, como los encontrados en el centro y norte de México, hasta aquellos de estirpe *antártica* o *subantártica* como los que se hallan en el extremo sur de Chile y Argentina. Si a ello se agrega la variación introducida por el relieve, el resultado es de una heterogeneidad impresionante: bosques templados, selvas tropicales, sabanas, pastizales, matorrales desérticos, selvas bajas caducifolias, páramos de altura, manglares, estepas de montaña, selvas espinosas, matorrales mediterráneos, pantanales.... la variedad de los hábitats naturales desafía la imaginación. La diversidad ecogeográfica es pues el rasgo más característico de la región ; para aprenderla, es decir, para explicarla y encontrarle sentido, es necesario comprender los patrones físicos, biológicos, ecológicos y geográficos que la han generado.

El continente americano configura una franja terrestre sumamente extendida. A ello debe agregarse un rasgo notable, ya que pese a que comprende numerosas zonas áridas, incluyendo el desierto de Atacama que constituye el ambiente más seco del globo, América Latina es la región más húmeda del

77 Julián Salas, *Propuesta de Estructuración del Subprograma CYTED XIV: Tecnologías para Viviendas de Interés Social*, Tres Tomos, Edit. AECI-CYTED, Madrid 1987.

planeta, lo cual fue ya consignado por Humboldt hace más de dos siglos, en sus famosos *Cuadros de la Naturaleza*, publicados en 1808. En efecto, el promedio anual de precipitaciones de la región se encuentra un 50% por encima del promedio mundial. Su escorrentía media, calculada por Morello en unos 370.000 m³ por segundo, equivale aproximadamente al 30% del total de las aguas de la superficie terrestre que se vierten en los océanos (MORELLO J., 1984). En función de este hecho, la región contiene las masas de vegetación tropical húmeda más extensas del mundo, lo cual a su vez es un factor fundamental para entender por qué la región es la porción con mayor riqueza biológica del globo.

Lo anterior ya justifica sobradamente la diversidad de *techos para vivir* que encontramos en el Área : desde los diseñados para recibir agua únicamente en contadísimas ocasiones de su vida útil, como en Atacama o Sonora, a los que han de presentarle una pertinaz resistencia al agua tozuda en los bosques lluviosos tropicales de Costa Rica, pasando por secas sabanas tropicales, estepas de tórridos veranos, desiertos tropicales y subtropicales, tierras altas a más de 4.000 metros sobre el nivel del mar como las de la ciudad aimara de El Alto, la tercera ciudad en número de habitantes de Bolivia.

Por el libro que estamos comentando discurren soluciones basadas en materiales diversos: minerales, vegetales, artificiales y sus posibles combinaciones. Toda una panoplia de cubiertas planas de tierras arcillosas o leteritas; de cúpulas y bóvedas de tierra: cruda, cocida, prensada, estabilizada con cal o cemento... de techos de base vegetal: paja, esteras, guadua, madera de fuste,... textiles; soluciones industriales: láminas de asbestocemento, fibrocemento, aluminio, zinc, plásticos reforzados, aceros galvanizados... elementos de hormigón prefabricado o vertido in situ, elementos reforzados con fibras, revestidos de yeso o cal, embadurnados de betún, recubiertos de resinas...

El tercer componente que campea transversalmente por “Un techo para vivir” es la tecnología. Tecnologías en sus diversas formas y manifestaciones, entre las que abundan las que materializan la idea sabia y condensada de que *la técnica debe estar siempre al servicio de lo propiamente humano*. La visión matizada y clarividente de la técnica, nos lleva a recordar de nuevo a Ortega, a Álvaro Ortega (ORTEGA A., 1989) el arquitecto colombiano que no tuvo el reconocimiento que en justicia hubiese merecido por sus valiosas aportaciones y por su dedicación apasionada a la construcción de *techos para vivir*. Álvaro Ortega nos legó lo que para el autor de estas líneas es la mayor aportación a los *techos para vivir*: la *teja de canaleta*, conocida también como *placa gran onda*, resultado de sus trabajos en 1945, en Harvard, como ya enunciamos en el Apartado 5.1, con Gropius y Breuer. Placa a la que insufló la posibilidad de que pudiese “volar” hasta seis metros sin necesidad de estructura intermedia de apoyo, y rebajar sensiblemente el costo de estos *techos*, el elemento funcional más costoso de estas viviendas, que llega a sobrepasar el 30% del total de su presupuesto.

En el trabajo colectivo de decenas de técnicos latinoamericanos coordinado por Pedro de Lorenzo pueden encontrarse soluciones latinoamericanas de techos para sus mil climas, realizadas con una amplia gama de materiales y de tecnologías asimilables, algunas de las cuales cumplen plenamente la condición

que les impone Horacio Berreta: "...que sean capaces de prolongar el brazo del hombre para la subsistencia y el inicio de un generalizable desarrollo material y espiritual". (BERRETA H., 1997).

Al lector interesado en la búsqueda de mejoras o de nuevas soluciones de techos *reales*, de soluciones capaces de aportar casos no utópicos y lo que es más importante "de muy bajo coste", recomendamos de nuevo una inmersión en "Techos para vivir", en el que se agrupan los materiales básicos utilizados en las siguientes familias:

- Madera;
- Tierra;
- Tierra armada;
- Suelo – cemento;
- Cerámica y cerámica armada;
- Ferrocemento;
- Mortero y/o hormigón;
- Hormigón y acero;
- Otros materiales.



FIG. 6.1

Portada del libro "Un Techo para Vivir", uno de los excelentes resultados del Programa CYTED. Se trata de una obra colectiva de decenas de autores que fue coordinada por el Prof. Pedro de Lorenzo, de la ETS de Arquitectura del Vallés (Barcelona), estructurado de tal forma que puedan encontrarse los detalles constructivos de utilidad ofrecidos por especialistas e instituciones de toda Latinoamérica. El libro se divide en tres partes netamente definidas: La Práctica, Las Tecnologías y La Teoría.

6.2

MICROTALLERES PRODUCTIVOS: GÉRMEENES INDUSTRIALES⁷⁸

La realidad del sector productor de materiales y componentes de construcción en América Latina nos sale al encuentro con una pléyade de pequeños talleres, unidades productivas, microempresas familiares, núcleos de producción de elementos... que el autor prefiere nominar globalmente como *gérmenes industriales*.

Valoramos estos *gérmenes industriales* como la plasmación real de uno de los puntos neurálgicos del soporte conceptual hacia el que se dirige este trabajo: la *industrialización posible de la vivienda de bajo coste*. En nuestra opinión, estos núcleos productivos son la expresión más real hacia la que convergen dos tendencias, en apariencia antagónicas pero que en la práctica muestran una intensa capacidad generadora de soluciones:

- Formalización de la informalidad.
- Desmitificación de la industrialización.

Entendemos estos enunciados en la forma siguiente:

Formalización de la informalidad: conjunto de tendencias, programas, políticas... con capacidad para propiciar y fomentar la formalidad —en cierto modo equivalente a legalidad— de la actividad informal, generando puestos de trabajo rentables y nuevas formas organizativas, produciendo materiales, elementos y componentes en forma competitiva destinados a la vivienda popular, etc.

Desmitificación de la industrialización: manifestación incipiente que se plasma produciendo con equipos nacionales, utilizando materias primas autóctonas, eliminando sofisticaciones importadas, simplificando procesos técnicos complejos y adecuándolos a los estrechos márgenes de actuación que ofrece la realidad latinoamericana. Estamos convencidos de que la desmitificación de la industrialización tiene ante sí —utilizando un concepto muy en boga— un amplio y próspero *niche tecnológico*.

La Tabla 6.2. recoge parcialmente la extensa gama de posibilidades reales con las que se muestran los *gérmenes industriales* en América Latina, y la Figura 6.2 pretende plasmar un esquema conceptual del sector idóneo para la aparición de la *industrialización posible*, entendida como la zona de solape o superposición de los sectores formal e informal, dinamizados, a su vez, por las

⁷⁸ Parte de este Apartado lo hemos tomado del libro del autor "La industrialización "posible" de la vivienda latinoamericana", 2000. (SALAS J., 2000).

tendencias o vectores que hemos definido como *formalización de la informalidad y desmitificación de la industrialización*.

El *germen industrial*, entendido en sentido amplio, abarca desde la producción de materias primas y componentes hasta la prestación de servicios y suele presentar una estructura típica de *pequeña empresa de producción mercantil*. Actúa con carácter de lucro, tratando de poner en el mercado materiales/componentes de construcción a menor costo que los de la competencia, en muchos casos con calidades, prestaciones y/o acabados inferiores y con frecuencia, incluso fuera de norma.

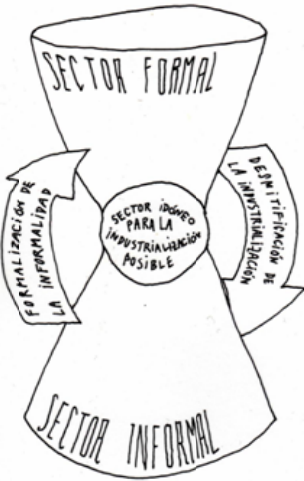


FIG. 6.2

Esquema simplificado en el que se pretende representar la idealización del hipotético sector de actividad de construcción de viviendas, en el que el autor sitúa la *industrialización posible*, como zona de solapamiento o superposición, nunca claramente definidas, entre los sectores formal e informal. Esquema: J. Salas.

Defendemos conceptualmente la expresión *germen industrial* por contraposición a la de micro-taller, por lo que implica de concepción dinámica. El aspecto *micro* no nos parece que sea lo esencial o característico de esta forma de producción. En teoría, no es defendible que un micro-taller pretenda ser *micro* a lo largo de toda su vida útil. El *germen industrial*, por contra, tiende a su consolidación; busca su crecimiento e, incluso, su desdoblamiento, propiciando nuevos talleres, como lógica natural en el mundo empresarial industrial.

No es nuestra intención propugnar una cierta mística, nociva en nuestra opinión, de lo *micro*. Una reflexión sobre la antinomia *micro-macro*, posiblemente arrojaría la conclusión de que se encuentra en vía de superación la frase emblemática acuñada como "lo pequeño es hermoso", magistralmente defendida en su día por E.F. Schumacher. Lo pequeño, en el contexto que nos ocupa, debería ser una primera etapa o iniciación de un proceso dinámico que, por lógica —la dimensión del mercado—, ha de tender hacia la expansión y el crecimiento. Bien es cierto que los talleres de materiales y elementos de construcción de América Latina presentan un ritmo de expansión lento, cuando no prácticamente nulo.

TABLA 6.2

CENTROS DE PRODUCCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN	
Gérmenes Industriales	
<ul style="list-style-type: none"> · Funcionan como empresas productoras con fines de lucro. · Suministran materiales/componentes de construcción, no siempre más baratos que los del sector formal y, en ciertos casos, de calidad inferior a la normalizada. 	
1.	PRODUCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS: <ul style="list-style-type: none"> · Conglomerantes alternativos: puzolanas naturales, R.H.A., diatomeas, caolines. · Hornos de cal. · Yesos fosfóricos. · Aserraderos de madera. · Pizarra, bloques de piedra.
2.	PRODUCCIÓN DE COMPONENTES: <ul style="list-style-type: none"> · Hormigón prefabricado: bloques, tubos de saneamiento, bovedillas, viguetas. · Elementos de ferrocemento: paneles, cubiertas, depósitos. · Piedra artificial: lavaderos, sanitarios, escaleras, balaustradas... · Talleres de carpintería: marcos de huecos, puertas, ventanas, pilares-vigas, cerchas, celosías... · Talleres de quinchá prefabricada: paneles. · Tierra sin cocer, adobes estabilizados, adobes prensados... · Cerámica: tejas, ladrillos, tubos. · Placas y tejas de cubierta, a base de fibras naturales. · Paneles diversos: de hormigón, de cerámica, de cáscara de arroz. · Talleres de bambú: pilares, correas, esterillas.
3.	OFERTA DE SERVICIOS: <ul style="list-style-type: none"> · Investigación-acción: planes de trabajo, elaboración de proyectos, transferencia de conocimientos, formación técnica, organización de pobladores. · Organización de créditos, bancos de materiales, ayuda mutua, micro-emprendimientos. · Transporte y suministro de materias primas y componentes. · Almacén y venta de materias primas, componentes y herramientas.

Fuente: (SALAS J., 2000).

No compartimos la creencia de que el pequeño taller conlleve o implique *tecnología de segunda categoría*. Es cierto que determinados procesos de producción —fabricación de perfilería de aluminio, placas de asbesto-cemento, vidrio plano, cemento...— requieren un tamaño o escala mínimo superior a la de los talleres que nos ocupan. Pero no lo es menos que puede haber —y de hecho, hay— casos en los que se utilizan tecnologías de buen nivel incorporadas a equipos en estos talleres, como por ejemplo máquinas semiautomáticas para producir tubos de hormigón vibrocompactados; máquinas extrusadoras de viguetas pretensadas; sierras de corte de piedras para aplacados; equipos para producir cerchas —o paraleles— de madera, equipos de soldadura y plegado de estructuras ligeras de acero...

Es conocida la recurrente idea, atribuida a Mao, condensada en la máxima: “si quieres ayudar a una persona que tiene hambre, no le entregues un pescado,

enséñale a pescar, entrégale una caña”. Hipersimplificando la anterior afirmación, nos permitimos apostillar que más que enseñarle a pescar, habría que ayudarle a crear talleres productores de cañas de pescar. La necesidad de espacios contruidos y de viviendas, de remodelación y mejoramiento, es tan grande en Latinoamérica que, de forma global y esquemática, nos atrevemos a reivindicar: “antes que la vivienda, los materiales y los componentes constructivos. Antes que éstos, los gérmenes industriales capaces de producirlos”.

En la compleja trama del sector informal latinoamericano, que en forma esquemática y muy simplificada se ha intentado plasmar en la Tabla 6.3, que todos los actores tienen un papel importante, pero en la meta de este trabajo, el de los *gérmenes de producción* industrial nos parece crucial. El tema de los pequeños núcleos de producción nos hace volver al concepto de *tecnología apropiada*, abordado en el Capítulo 5.

TABLA 6.3

TRAMA SIMPLIFICADA DEL SECTOR INFORMAL DE VIVIENDA EN LATINOAMÉRICA
ENTIDAD IMPULSORA Y COORDINADORA: <ul style="list-style-type: none">· Es la organización que impulsa y cohesiona la trama. Por lo general, instituciones sin ánimo de lucro (ONG), cooperativas, equipos profesionales...· Suele aportar: servicios técnicos, organizativos, empresariales, financieros y legales.
AUTOCONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS: <ul style="list-style-type: none">· Organizaciones sin ánimo de lucro: libre afiliación, control democrático...; tratan de proporcionar vivienda a las familias organizadoras.
MECANISMO CREDITICIO: <ul style="list-style-type: none">· Entidades que fomentan procesos de ahorro/crédito para vivienda.· Cooperativas abiertas o cerradas, sindicatos, bancos de trabajadores, fondos de pensiones, mecanismos de ahorro y préstamo, micro-créditos...
PROCESOS PARA EL MEJORAMIENTO BARRIAL: <ul style="list-style-type: none">· Organizaciones puntuales o permanentes para construir, mejorar o mantener <i>lo público</i>: equipamientos, servicios, instalaciones...· Organizan y promueven: traída de aguas, alcantarillado, alumbrado público, mejora de caminos...
EMPRESAS Y CENTROS DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES Y COMPONENTES DE CONSTRUCCIÓN: <ul style="list-style-type: none">· Objetivo último de este texto, <i>gérmenes de industrialización posible</i>.

6.3

PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES

El bloque alveolar de hormigón prefabricado⁷⁹ de dimensiones 40 x 20 x 20 cm, o similares, puede que sea el elemento constructivo más universal de toda América Latina. La cultura del hormigón llega a las más remotas latitudes y lo hace generalmente en forma de bloques de hormigón. Es ésta una realidad que no podía pasar inadvertida para un libro cuya preocupación es la *industrialización posible*.

Miles de máquinas más o menos amortizadas de producción de bloques; cientos de pequeños talleres productores de bloques inmersos en el sector informal de la economía; cientos de plantas medianas y grandes — en no pocos casos ligadas a las productoras de cemento— ; miles de técnicos, capataces y obreros especializados en la producción de estos componentes, diseminados por todos los países latinoamericanos, justifican un espacio propio en este trabajo.

La producción de bloques suele ser un primer peldaño hacia la prefabricación de otros elementos de hormigón. La reciente fabricación de máquinas productoras de bloques en algunos países de la zona (México, Brasil, Argentina...) es, sin duda, un factor dinamizador del sistema, aunque aún sean mayoría las máquinas y procesos con origen en EEUU o en países europeos (Italia, España, Francia,...)

El bloque, desde el producido con molde individual y compactación por sacudida manual hasta los producidos en forma totalmente automática (Figura 6.3.), pasando por la producción a base de equipos mecánicos muy sencillos, tienen características de innegable adecuación a la construcción formal e informal, especialmente en construcciones de pequeña altura.

En un proceso de lógica maduración, los productores de bloques suelen ofertar en una segunda fase de implantación elementos para *cara vista*, con acabados de mayor calidad estética y/o funcional. Otro paso lógico es la producción de elementos complementarios del bloque estándar: medios bloques, bloques esquineros, bloques para conformar pilares o vigas... De aquí a la configuración de un sistema constructivo integral a base de elementos de hormigón prefabricado hay un corto trecho. Nos parece encomiable la aparición de soluciones latinoamericanas, resultado en muchos casos de la colaboración

79 Resulta interesante reseñar -y creemos que no es anecdótico el tema- cómo el bloque corriente de hormigón suele ser de 40 x 20 x 20 cm en el Primer Mundo y se “adelgaza” a 40 x 20 x 10 cm en el Tercer Mundo, lo que supone bajar considerablemente su resistencia estructural especialmente si se utiliza en zonas sometidas a sismos severos.

entre productores y proyectistas sobre la base de estos elementos de manejo manual con la integración de otros componentes de mercado.

En algunos de los apartados que siguen, nos ocuparemos de este tipo de soluciones que denominaremos *sistemas integrales a base de pequeños elementos prefabricados de hormigón*, como una vía posibilista de procesos constructivos rentables y de calidad. Es éste un camino por el que avanzar en la lógica de la *industrialización posible*.

Aun siendo cierto, que prevalece, más de lo que sería deseable, la producción manual de bloques de hormigón, entenderemos como talleres de producción mínimos los que tienen como característica la utilización de una prensa capaz de producir más de un bloque —entre cuatro y seis por *golpe*—. Se trata de talleres productores que implican cuatro o más puestos de trabajo y pueden fabricar, por lo general, bloques y piezas complementarias para completar una vivienda mínima por día, o lo que es equivalente, para construir unos 15.000 m² de paramentos por año. (Ver Figura 6.4).



FIG. 6.3

Imagen de una sencilla máquina ponedora manual para la producción de bloques de hormigón de 40x20x20 cm, que pueden ser suministrados por un buen número de empresas latinoamericanas.

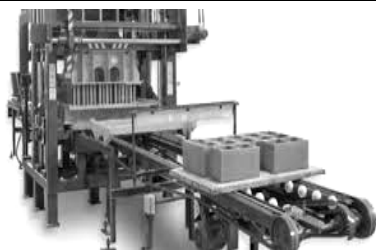


FIG. 6.4

Imagen de catálogo de una empresa española productora de todo tipo de instalaciones para la producción industrial de elementos prefabricados de hormigón y en especial de grandes volúmenes de bloques normalizados. De algún modo, puede considerarse como el primer escalón de la industrialización de las viviendas de bajo coste.

La articulación de la producción en un taller sencillo de bloques, presenta las siguientes partes del proceso:

1. *Skip*-tolva para el izado del hormigón.
2. Prensa vibrocompactadora para la producción de cuatro bloques de forma simultánea.
3. Extractor sobre rodillos de las bandejas con los bloques recién conformados.
4. Carretilla manual para recogida, transporte y colocación en depósito de las bandejas de bloques.

En los catálogos de cualquier empresa productora de equipos, suelen explicitarse de forma esquemática y clara la organización de un taller de unos

400-500 m² de superficie, no necesariamente cubiertos, que cuenta con una prensa vibrocompresora servida por cinco operarios que se encargan de las siguientes operaciones:

1. Dosificación y amasado del hormigón.
2. Cuidado de la prensa y de la alimentación de bandejas sobre las que se depositarán los bloques recién conformados.
3. Preparación de bandejas y carga de carretillas.
4. Transporte de bloques desde la prensa al parque de acopio.
5. *Paletizado* de elementos y apoyo a la carga de vehículos de transporte.

Suelen recoger también, la organización de los siguientes nueve componentes o fases de producción:

1. Prensa vibrocompresora con una bandeja de 1.080 x 560 x 40 cm.
2. Transportador e inyector de bandejas.
3. Carro transportador para tres bandejas.
4. Inyector de retorno de bandejas.
5. Pupitre con consola de mandos.
6. Cinta transportadora de hormigón a la prensa.
7. Central de hormigón.
8. Tolva de áridos y dosificación.
9. Cinta transportadora de áridos dosificados a la central.

Como se verá seguidamente, los sistemas integrales a base de bloques de hormigón y piezas complementarias han de diseñarse de forma tal que sea factible su producción tanto en pequeños talleres a pie de obra, talleres de tipo mediano y/o grandes plantas productoras. Generalmente, la totalidad de las piezas del sistema suelen fabricarse con la misma máquina vibrocompactadora, salvo las viguetas y semiviguetas de los forjados que se producen sobre mesas pequeñas cuando son armadas, o en pistas de gran longitud en el caso de ser pretensadas.

Las instalaciones fijas, de acuerdo con su tamaño y grado de mecanización, exigen para su amortización programas de edificación de cierta entidad, según los casos. Las vibroprensas de tipo mediano tienen capacidad para producir elementos destinados a realizar unas 500 viviendas, de 60m² construidos, al año —en total, 30.000m² construidos—, lo que puede suponer del orden de 60.000m² de paramentos de bloques. Suelen ser máquinas robustas, fáciles de manejar, sin sofisticaciones mecánicas y, por tanto, adecuadas para ser utilizadas por personal poco cualificado.

Las vibroprensas de mayor potencia, de entre las cuales tomaremos a modo de ilustración concreta una de una empresa española, llegan a capacidades de producción de elementos para la realización de hasta 3 viviendas al día, lo que equivale a 1.000 viviendas, de unos 60 m² construidos, al año.

La Figura 6.4 muestra una vibroprensa en actividad, y seguidamente se acotan las principales características dimensionales de estas máquinas, cuyos rasgos más importantes son:

- Peso 1.300 kg
- Superficie útil de trabajo 820 x 470 mm
- Altura de fabricación 60-270 mm
- Medidas de bandeja 900 x 540 x 45 mm
- Producción de bloques 560/hora
- Potencia del motor vibrador 4 HP
- Potencia del motor reductor 3 H.

6.4

EL SISTEMA TABIBLOC

Antecedentes

El Proyecto Experimental de Vivienda PREVI fue, en nuestra opinión, como hemos manifestado en forma extensa en el Apartado 5.7 una de las experiencias más importantes que, en materia de investigación-acción en el campo de la vivienda urbana de bajo costo, que se han llevado a cabo en el Tercer Mundo. (SALAS, FERRERO y LUCAS, 2012).

Siguiendo las consideraciones y recomendaciones del jurado, y con la aprobación del Gobierno del Perú, en PREVI se seleccionaron 20 anteproyectos adicionales a los premiados (10 peruanos y 10 internacionales). Esto significó un total de 26 anteproyectos, que fueron desarrollados paralelamente con el fin de realizar una primera etapa experimental que alcanzó aproximadamente 500 unidades de vivienda en total. Uno de los proyectos ganadores de PREVI, el propuesto por los arquitectos españoles Antonio Vázquez de Castro y José Luis Íñiguez de Onzoño, fue origen del sistema Tabibloc, elegido para uso como sistema constructivo industrializado, prácticamente cerrado, a partir de un juego de elementos muy livianos.

Las viviendas del barrio PREVI realizadas con esta solución han envejecido bien; ya tienen más de cuarenta años, y es grato poder sacar esta conclusión. Una vez más, queremos reivindicar la importante aportación que puede suponer el trabajo de buenos profesionales de la arquitectura cuando se involucran en forma decidida en los sistemas y procesos para asentamientos humanos.

Conceptos y bases del sistema

El sistema⁸⁰ se basa en un estudio de prefabricación ligera de piezas de pequeño tamaño. Su proceso de industrialización tiende a disminuir, por una parte, el trabajo que tradicionalmente ha exigido su puesta en obra, y, por otra, la calificación artesana del trabajador. Para conseguir lo primero, los responsables del sistema han aumentado las dimensiones de las piezas hasta los límites de capacidad de manipulación, reduciendo el número de puestas y de juntas. Para disminuir la dificultad de su colocación, todas las piezas se combinan según leyes muy sencillas de articulación constructiva que mecanizan, en gran medida, su ensamblaje. Siempre pueden integrarse en el sistema piezas de mayor tamaño, si se dispone de los medios productivos y de

80 Los textos que siguen en este Apartado se han tomado, en parte, del Documento de Idoneidad Técnica del sistema Tabibloc, otorgado por el Instituto Eduardo Torroja de España y del catálogo Tabibloc serie 20 (prefabricación ligera), Madrid 1998.

montaje adecuado, con la consiguiente reducción de la mano de obra y mayor control de la calidad. (SALAS, BARRIONUEVO, 2012).

Como en general ocurre en los sistemas ligeros de prefabricación a base de pequeños elementos, el sistema presenta una gran versatilidad para adecuarlo a los requerimientos de diseño que cada caso exige. En opinión de los responsables del sistema, han tenido muy en cuenta su aplicación a diseños de tipo *abierto*, facilitando modificaciones o aportaciones tanto desde el campo del diseñador (gamas de soluciones) como desde el constructor (adaptabilidad a sus programas y medios de construcción) o desde los usuarios (autoconstrucción, etc.). (Ver Figuras 5.9 y 5.11).

Tanto en el diseño del sistema como en el estudio de las plantas de prefabricación se parte de la posibilidad de producción de las piezas a pie de obra, condición necesaria para rebajar costos, ya que se suprime la repercusión del transporte. El sistema pretende la ejecución de soluciones constructivas elementales, evitando tecnologías sofisticadas a base de bloques de hormigón con las que intentan resolver, además de su condición resistente y de cerramiento, otras exigencias (impermeabilización, acabado exterior, aislamiento, etc.), lo cual obliga a plantas de producción más complejas y de costo más elevado. El diseño del sistema se limita a garantizar estructuras resistentes y cerramientos eficaces, sobre los cuales se pueden añadir soluciones de protección exterior, aislamiento, etc., según los requerimientos de cada caso, con notable simplificación del proceso productivo y reducción de costos finales.

Los bloques del sistema Tabibloc

La dosificación del hormigón de los bloques es, en principio, la siguiente:

- grava (tamaño máximo: 8 mm) 1.330 kg/m³
- arena (de cantera o de río) 570 kg/m³
- cemento (P-350) 300 kg/m³
- relación agua/cemento 0,7-0,8.

Las características mecánicas obtenidas para los bloques ensayados con dimensiones de coordinación 40 x 20 x 20 cm fueron las siguientes:

TABLA 6.4

Carga media de rotura (Mp)	Sección bruta (cm²) del bloque	Sección neta (cm²) del bloque	Tensión media de rotura a compresión referida a la sección neta (kp/cm²)	Desviación en % del valor medio	Resistencia característica (kp/cm²) referida a la sección neta	Resistencia característica (kp/cm²) referida a la sección bruta
64,20	780	466	137,8	13,098%	108,2	64,6

Los resultados obtenidos en ensayos realizados sobre muros de 1,60 m de longitud y 2,60 m de altura ejecutados con bloques Tabibloc, según aparejo de juntas encontradas, asentados con capa de mortero 1:6 (cemento/arena), de un cm. de espesor medio y sometidos a compresión centrada, fueron los siguientes:

TABLA 6.5

TIPO DE MURO	Sin relleno de hormigón en la cámara central	Con relleno de hormigón de 100 kp/cm² de resistencia característica
Área total de la sección (cm²)	3.200	3.200
Área neta de la sección (cm²)	1.818	2.574
Momento de inercia (cm⁴)	83.262	85.638
Carga media de rotura (Mp)	111,8	196,3
Tensión media de rotura a compresión referida a la sección neta (kp/cm²)	61,5	76,2
Desviación en % del valor medio	10%	10,4%
Resistencia característica de rotura del muro. Referida a la sección neta (kp/cm²)	51,4	63,2
Resistencia característica de rotura del muro. Referida a la sección bruta (kp/cm²)	29,2	50,8

En los ensayos efectuados sobre muros Tabibloc rellenos de hormigón en su cámara central y enfoscados por una cara, no se apreciaron filtraciones de agua al someterlos a una *lluvia* equivalente a 90 litros/metro-hora, con viento de 40 km/h durante cuatro horas. Por otra parte, en los ensayos realizados sobre un muro sin relleno de hormigón en la cámara central se apreciaron filtraciones de agua al proyectar una cantidad equivalente a 120 litros/metro-hora, con una velocidad simulada de viento de 60 km/h. (TABIBLOC, 1998).

Descripción de los elementos del sistema

El sistema está integrado por una serie de piezas de hormigón vibroprensadas, coordinadas modularmente, con las que se pueden construir los tres elementos básicos de todo sistema adintelado organizado sobre cascarones de prismas rectos rectangulares:

- Muros de carga o cerramiento y pilares.
- Piezas para encofrado perdido de vigas, dinteles y zunchos.
- Forjados (unidireccionales) formados por semiviguetas y bovedillas.

El conjunto de piezas funciona, según sus autores, como un sistema de cofres o encofrados perdidos (en muchos casos con participación activa en las

funciones resistentes), que permite los refuerzos estructurales de hormigón armado o sin armar que sean precisos. El módulo base de coordinación adoptado es el tridimensional de 20x20x20 cm. Para los forjados se han previsto sistemas de semiviguetas paralelas con separación de 50 cm, coordinados modularmente con el anterior, y con dos posibles espesores o cantos (20 o 25 cm). Las bovedillas se acoplan a estas dimensiones con un ancho constante de 20 cm.

Los muros se resuelven con bloques de triple cámara y machihembras verticales y horizontales. El bloque normal es de 40 (longitud) x 20 (anchura) x 20 (altura) cm, y para completar las trabas interiores y de extremos de muros se dispone de: bloque *mitad* (20 x 20 x 20 cm); bloque *extremo* (40 x 20 x 20 cm), y bloque *extremo-mitad* (20 x 20 x 20 cm). Estas dimensiones teóricas tienen las mermas precisas para intercalar horizontalmente llagas de mortero de cemento de 1 cm de espesor, dejando a hueso las juntas verticales — también de 1 cm de anchura—, ya que los bloques se reciben únicamente con mortero en las llagas horizontales. Así, las cámaras extremas de cada bloque se dejan ciegas en su parte superior para facilitar la colocación del mortero, evitando su pérdida por los huecos.

El juego de bloques dispone de piezas complementarias que, actuando a modo de tapas, permiten disponer de núcleos verticales de hormigonado (con posible armadura de acero) en los puntos de concentración de esfuerzos (uniones en esquinas, uniones de muros transversales, uniones en cruz, apoyos de vigas, etc.). Se han previsto también piezas para encofrado perdido de pilares y pilastras exentas y de pilastras en los cantos de muros.

6.5

PLANTAS EXPORTABLES DEL SISTEMA CUBANO SANDINO

Introducción⁸¹

El texto recogido en este apartado se ha tomado básicamente de los artículos editados por la UNECA de Cuba con el título “Plantas de Prefabricado: Sistema Sandino”, así como de la información visual y oral que hemos recibido en nuestras visitas a las plantas y realizaciones en Cuba y Colombia. La razón de introducir en este capítulo la tecnología Sandino no es otra que la de considerar este sistema, con un gran número de realizaciones en Cuba y fuera de la isla, como genuinamente representativo de la asimilación creativa de una tecnología: la prefabricación a base de elementos de hormigón, adaptándola al contexto cubano.

Consideramos el sistema Sandino como uno de los más utilizados de Latinoamérica para viviendas de una altura — con pequeñas variaciones es posible su adaptación para construcciones de dos plantas— a base de elementos prefabricados de hormigón. Numerosas realizaciones con licencia Sandino, con variaciones más o menos fundamentales, se emplean en Costa Rica, México, Chile, Colombia, Honduras, Nicaragua, Granada... Es por ello que nos pareció doblemente interesante recoger en este apartado el mayor número de datos cuantitativos de la práctica cubana Sandino, que pueden servir de material de reflexión y análisis para los interesados en estos temas y constituirse a la vez en una útil información para que técnicos y empresarios que utilizan este tipo de técnicas constructivas, o que se plantean la posibilidad de hacerlo, puedan establecer comparaciones.

En nuestra opinión el sistema de producción Sandino es el eslabón metodológico necesario para el lector, intermedio entre las plantas de producción de la llamada *primera generación* de grandes paneles y los microtalleres productivos, mucho más cercanos de la *industrialización posible*.

Plantas de producción Sandino

El sistema de elementos prefabricados Sandino ofrece las ventajas de la fabricación a bajo costo, rapidez de ejecución y flexibilidad de diseño. Originalmente el sistema fue concebido para la construcción de viviendas, pero la experiencia de trabajo y perfeccionamiento ha permitido el diseño y construcción de escuelas, centros comerciales, *postas* médicas, albergues para

81 Agradecemos a UNECA, y en particular al arquitecto Maximino Bocalandro, la información facilitada, que estimamos puede ser de gran interés, para el lector latinoamericano.

trabajadores, moteles, oficinas, etc. (BOCALANDRO M., 1998). (Ver Figuras 6.5 y 6.6).

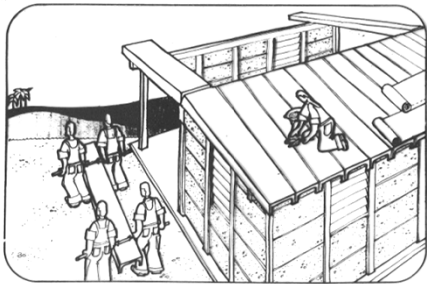


FIG. 6.5

Esquema elemental del sistema cubano “Sandino”, uno de los pioneros de la prefabricación en Latinoamérica y que ha recobrado vigencia y actualidad después de abandonar Cuba los sistemas cerrados pesados importados. (Esquema: Sandino).



FIG. 6.6

El sistema “Sandino” se basa en procesos de producción con alta utilización de mano de obra, disminución del consumo de cemento, e inversiones bajas en equipos de producción, utilizando el manejo, transporte y montaje manual, ya que limita el peso máximo de los elementos a 80 Kg. (Foto: J. Salas).

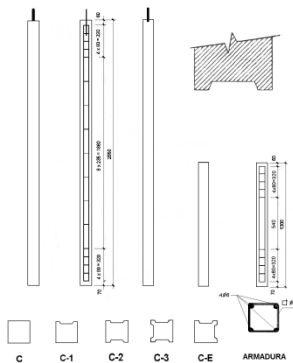


FIG. 6.7

Cuatro elementos de pilares o columnas del Sandino de idéntica sección, con diferentes armados y que permiten resolver todas las alturas de las viviendas de una y/o dos plantas. En la secciones horizontales se contemplan la posibilidad de “recibir”, uno, dos o tres muros o tabiques concurrentes con los pilares (Esquema: Sandino).



FIG. 6.8

Un detalle de las “copas” prefabricadas de dimensiones únicas que permiten un buen rendimiento en el momento de la ejecución de la obra y que facilita el alineamiento de los pilares con tolerancias muy estrictas. (Foto: J. Salas).

La solución de la cubierta en estas obras puede resultar del análisis de expresión arquitectónica del conjunto urbano o de las posibilidades y recursos que se disponga, ya que permite soluciones muy diversas: placa hormigonada *in situ*, losa prefabricada, tejas de asbesto-cemento, placas canalón, etc.

Las características y diseño de los elementos facilitan la rápida ejecución de las obras, sin requerir mano de obra especializada, lo que posibilita la venta de elementos o módulos completos. Las necesidades cambiantes llevan a la construcción mediante sistemas prefabricados con diferentes tecnologías de producción. Este sistema permite obtener el producto mediante tecnologías manuales, lo que armoniza la producción y el montaje. (Ver Figuras 6.7. y 6.8.)

La planta que se reseña seguidamente permite la producción de 250 viviendas anuales con 2.000 m³ de hormigón prefabricado, equivalente a 17.850 m² de construcción de viviendas con un mínimo de equipamiento y fuerza de trabajo no calificada. El tiempo efectivo de trabajo está calculado para un turno de 8 horas diarias y 250 días anuales de actividad. La ubicación de estas plantas no precisa de condiciones especiales. Pueden situarse en áreas aledañas a las obras, lo que facilita y economiza el transporte de los elementos. El montaje de estas plantas es rápido por la ligereza de sus equipos y su transporte es igualmente fácil.

Plan general de producción: descripción de áreas

El plan general de la planta se desarrolla en un área de 4.000 m². La zonificación de este esquema responde a cuatro áreas fundamentales:

- Elaboración de hormigón.
- Producción de elementos.
- Áreas de almacenamiento de productos terminados.
- Áreas sociales.

En el área de elaboración del hormigón se encuentra: el almacenamiento de áridos, el almacén o silo de cemento, la hormigonera y el conjunto hidráulico, lo que garantiza la mezcla para la producción. Los moldes se encuentran en un área cubierta, distribuidos tecnológicamente según sus características. En esta nave se prevé un área extra para la producción de elementos, como marcos de puertas y ventanas, viguetas, etc., que completa el sistema según la obra a ejecutar. Ver Tabla 6.6.

El área de almacenamiento de productos terminados se divide en dos zonas aledañas a la nave de producción, lo que facilita el traslado de los elementos. En el área social se controlan las funciones de la planta y se sitúan los servicios a los trabajadores. La organización de cada objeto de obra en estas áreas responde al flujo tecnológico, garantizando la productividad de la misma. El vial en anillos facilita el suministro de materias primas y la extracción del producto terminado sin interferencias en la producción. El área de la planta tiene que estar dotada de una cerca de protección y el acceso, controlarse mediante una garita situada en la entrada principal. (SALAS J., 2000).

TABLA 6.6

RELACION DE SUPERFICIES	m ²
Nave de producción de elementos y taller	360
Área de almacenamiento de productos terminados	130
Almacén de cemento	32,45
Área de suministro de agua (tanque, cisterna y bomba	70
Edificio socio-administrativo	113,56
Garita de control	16,22
Área de circulación	1.568,93
Área verde y circulación peatonal	1.204,84
Área total aproximada	4.000

Flujo tecnológico

Toda la circulación interna de materias primas para la elaboración de hormigón (áridos y cemento en bolsas), mezcla y transporte de elementos terminados al área de almacenamiento se realiza de forma manual mediante vagonetas o carretillas. Una vez abastecida la hormigonera se procede a la dosificación por volumen para el mezclado. La capacidad de este equipo será de unos 200 litros, lo que garantiza un volumen de producción diaria de 8 m³.

En el extremo opuesto de la nave de hormigonado se recibe el acero en barras, y las armaduras de refuerzo de los elementos se confeccionan manualmente en mesas de trabajo de diseño ligero y sencillo cuando no se requieren equipos de soldadura. En este taller se procesan 0,2 toneladas diarias de acero, y la producción está garantizada.

Concluidos los procesos de elaboración de materias primas y preparados, limpios y lubricados los moldes, se hormigonan los elementos, y se asegura su homogeneidad y calidad posterior mediante la compactación manual.

Como eje central a los moldes se encuentra una rampa de acceso de 10 metros de longitud que continúa en una plataforma de 1,2 metros de alto que facilita el hormigonado de las baterías de paneles. Los moldes de columnas y otros se hormigonan a nivel del piso de la nave. Después del hormigonado se comienza el riego con agua de los elementos en el molde repetidamente durante el día para garantizar el curado. Al día siguiente se realiza el desmolde hasta dejar libre el elemento para su traslado a las áreas de almacenamiento de productos terminados. (Ver Tabla 6.7 y Figura 6.7.).

TABLA 6.7

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS SANDINO				
Elemento	Codificación	Volumen/elemento m³	Peso del Elemento kg	Peso del Acero/Elemento kg
Columnas	C	0,030	72	2.895
	C - 1	0,028	67	
	C - 2	0,026	63	
	C - 3	0,024	58	
	C - 4	0,022	54	
	C - E	0,026	63	
Paneles	P - 1	0,0271	62	

Consumo de materiales y rendimiento del sistema

Seguidamente se recoge un conjunto de tablas con valores cuantitativos del sistema Sandino que, entendemos, pueden ser de gran importancia para los profesionales en estos temas, ya que facilitan el buen conocimiento del sistema y las posibles tareas de comparación con otras soluciones de parecida tipología.

TABLA 6.8

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS MATERIAS PRIMAS DEL SISTEMA SANDINO:	
Hormigón:	Consistencia blanda con asentamiento entre 80-120 mm. Resistencia característica a la compresión: 200 kg/cm²
Cemento:	Portland P-250
Áridos:	Naturales o artificiales, siempre que cumplan con las especificaciones y tamiz N°200.
Aceros:	Liso, en barras laminadas en caliente. Resistencia característica: 2.400 kg/cm².
Barras de acero corrugado:	Laminado en caliente. Resistencia característica: 3.000 kg/cm². Alambrón de acero con diámetro de 6,3 mm. Bajo contenido de carbono laminado en frío.
Alambres:	Galvanizado para amarre de armaduras.
Agua:	Para la utilización del proceso tecnológico no debe estar contaminada con arcilla ni grasas.
Desencofrantes/ Separadores:	Para moldes de acero: mezcla de aceite soluble con gasoil. Proporción: 1:4 en volumen. Para moldes de madera y hormigón: Sebo industrial con gasoil. Proporción: 1:3 en peso.

TABLA 6.9

CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS:		
Tipo	Consumo diario	Consumo anual
Hormigón	8 m ³	2.000 m ³
Acero	0,2 t	50 t
Cemento	2,8 t	700 t
Árido fino (0 - 15 mm)	7,5 t	1.875 t
Árido grueso (10 - 19 mm)	7,1 t	1.775 t

TABLA 6.10

FUERZA DE TRABAJO	
Brigada integral de producción: (Elaboran el hormigón, preparan y limpian los moldes, hormigonan y transportan el producto terminado)	13 personas
Taller de acero: (Cortan, doblan y ensamblan el acero)	3 personas
Personal técnico-administrativo:	2 personas
TOTAL	18 personas

TABLA 6.11

PARÁMETROS PRINCIPALES DE LA PLANTA	
Consumo anual de hormigón	2.000 m ³
Consumo anual de acero	50 Tn.
Consumo anual de agua	1.975 m ³
Consumo anual de energía eléctrica	14.016 kW/h
Fuerza de trabajo	18 personas
Días anuales de trabajo	250 días
Turnos de trabajo	8 horas
Cantidad anual de viviendas	250 viviendas

En la Figura 6.9 se reproduce una típica solución de vivienda rural aislada, totalmente prefabricada con elementos livianos y con cubierta resuelta a base de semi-viguetas de hormigón armado y pequeñas losas. La Figura 6.10. es un ejemplo de lo que podríamos denominar exportación o transferencia tecnológica del sistema Sandino *evolucionado* realizada en Bogotá (Colombia), en el parque muestrario de la institución “Minuto de Dios”, en el que se exhiben siete soluciones a base de planta cuadrada de 6 x 6 m, pero resueltas a partir de siete soluciones tecnológicas diferentes entre las que pueden elegir los futuros autoconstructores.

FIG. 6.9

Tipología de vivienda rural de una planta de altura en San Antonio de los Baños, Cuba, en la que se realizaron varias unidades en un taller de “teoría y práctica” con participación de técnicos interesados de 17 países latinoamericanos, como forma eficiente de transferencia “abierta” de conocimientos. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.10

Vivienda-tipo siguiendo las características fundamentales del Sistema Sandino, en la que la institución colombiana “Minuto de Dios” adaptó algunas modificaciones para adecuarla a las condiciones presupuestarias del mercado libre del país. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.11

El crecimiento turístico de Cuba llevó a introducir las modificaciones necesarias para adecuar los elementos Sandino a terrenos con fuertes inclinaciones, mayores superficies en dos plantas y calidades de materiales más acordes con la “estética tradicional” de los conjuntos turísticos. En la imagen la “Comunidad Las Terrazas”. (Foto: M. Bocalandro).



FIG. 6.12

Prototipo de viviendas de dos plantas conocidas como “Casa del médico” en las que, con las soluciones y formas de producción Sandino, se destina la planta baja a “consulta médica” y la primera a residencia del doctor/a. Este modelo se repite en multitud de ocasiones a lo largo y ancho de la Isla. (Foto: M. Bocalandro).





FIG. 6.13

Aspecto parcial de una planta de producción de elementos prefabricados del sistema venezolano "Sancocho" (OTIP). La producción, en la mayoría de los casos "al aire", se ejecuta a base de plantas de producción muy sencillas y preparadas para su traslado, en función del tamaño de la realización que se ha de ejecutar. El sistema se basa en la utilización de muy pocos elementos, todos ellos de manejo manual. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.14

Apilado de elementos "Sancocho", todos de 3 cm de espesor de hormigón "reforzados" por redondos soldados a los vértices y "atados" perimetralmente mediante "marcos" muy ligeros de chapa plegada de 1,1 milímetros de espesor, pero perfectamente conformados para servir como "encofrado perdido" y que permite transformar la construcción a base de elementos prefabricados de hormigón en montajes prácticamente "en seco" con escasos puntos de soldadura. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.15

Apilado a pié de obra de elementos "Sancocho" y, en la parte posterior, "Sandino", en una de las múltiples realizaciones de transferencia "libre" llevadas a término por el Programa CYTED. En el caso que muestra la imagen y sucesivas realizadas en Puerto Ordaz, Venezuela. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.16

Elemento triangular para cubiertas inclinadas del "Sancocho", transportado manualmente para su montaje por una única persona. (Foto: OTIP).

FIG. 6.17

Momento del montaje manual facilitado por la verticalidad y ajustadas tolerancias de las "guías verticales" metálicas que permiten su precisa colocación manual y su fijación por puntos de soldadura. (Foto: J. Salas).

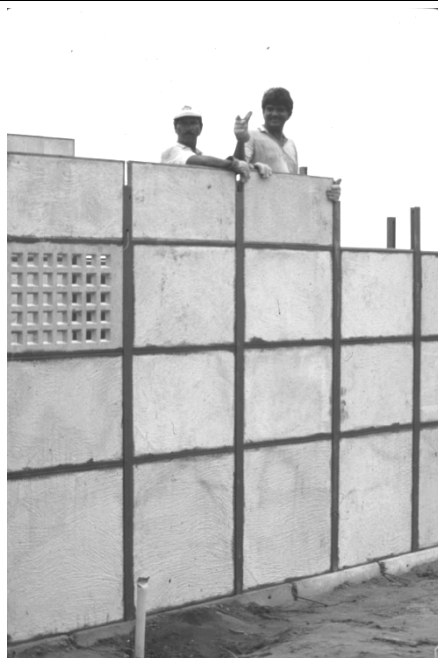


FIG. 6.18

Aspecto de lo se conoce como "vivienda semilla", que tiene las dos importantes característica imprescindibles para este tipo de realizaciones: muy bajo coste (dos salarios mínimos por metro cuadrado) y reducidísimo tiempo de ejecución (una jornada de trabajo por vivienda). (Foto: J. Salas).



FIG. 6.19

Aspecto final de la "vivienda semilla" de 36 m² después de recibir determinados "acabados" posteriores a los estrictamente de montaje del sistema. (Foto: J. Salas).



El sistema Sandino bloque-panel

El sistema originario Sandino se ha transformado en varias direcciones. Una de ellas ha dado lugar al sistema conocido como *bloque-panel*, cuyas principales características suponen una serie de logros y mejoras que le han llevado a ser elegido para numerosas obras en distintos países latinoamericanos.

El sistema se conforma a base de paredes compuestas por pequeñas columnas y elementos *bloque-panel* aligerado de hormigón, cuyo peso es del orden de 23 kg. La modulación es de 1.040 mm entre ejes de columnas. El espacio entre ellos se cierra con paneles de hormigón o ventanas. La altura libre de las viviendas, puntal libre, es de 2.450 mm. Las columnas de hormigón, ligeramente armado, tienen una sección de 110 x 110 mm, una altura de 2.650 mm y un peso que oscila entre los 69 y 78 kg dependiendo del tipo de sección.

El sistema Sandino *bloque-panel* permite emplear diferentes tipos de cubiertas y entrepisos (para dos alturas): viguetas y bovedillas, losas de hormigón celular, tejas o canalones de asbesto-cemento, etc. El sistema cuenta con una variante de cimentaciones, totalmente prefabricadas, adaptables al terreno de construcción.

A modo de ejemplos, ya que la distribución y magnitud de las plantas es totalmente libre, en la Figuras 6.11 y 6.12 reproducimos diferentes modelos, para realizaciones muy específicas y diferentes de utilización del sistema, cuya superficie suele oscilar entre 100 m² de cubierta y 81,0 m² construidos. El peso de los elementos prefabricados y de los materiales de acabado completo de la vivienda es de unas 40 t, que pueden transportarse en dos contenedores.

6.6

PLANTAS POLIVALENTES DEL SISTEMA VENEZOLANO SANCOCHO

Fundamentos conceptuales del sistema Sancocho

Damos la palabra en este punto al ingeniero venezolano J.A. Peña, responsable del equipo de técnicos a los que corresponde la autoría del sistema Sancocho y que aporta gran parte del material de este Apartado 6.6. En opinión de Peña (OTIP, 2004):

No es correcto plantear el desarrollo de la región en dicotomías: *desempleo-pleno empleo*. Debemos lograr un proceso de industrialización que respete nuestra realidad y el entorno que rodea el sector construcción.

Tenemos la imperiosa necesidad de desarrollar más intensamente técnicas constructivas industrializadas que permitan hacer participar a la mano de obra no calificada, abundante en la región, capacitándola, a cambio de disminuir la participación de personal calificado, que cada vez es más escaso. Es preciso aplicar conceptos modernos en la producción de componentes para la industria de la construcción, sencillos y adecuados a las condiciones de los países, pero empleando básicamente el parque industrial de que disponemos y que, en su mayoría, se encuentra infrautilizado.

De cara al futuro, no cabe duda que debemos asumir una actitud que nos lleve hacia procesos de industrialización de la construcción, compartiendo experiencias y haciéndolas coherentes con los conceptos que rigen tales procesos, de forma que logremos proveer a los latinoamericanos de un cobijo digno.

Si tomamos como ejemplo la producción de un elemento de concreto prefabricado haciendo uso de un molde de metal especialmente diseñado, ubicado a pie de obra, vemos que no se necesita la especialización del carpintero, que el vaciado del concreto es muy sencillo y que el alisado de la superficie superior se puede realizar con una alisadora mecánica o manual; es decir, la utilización de la herramienta sustituye la participación del artesano por mano de obra no especializada. Éste es uno de los factores de la industrialización y de lo que se llama la producción en serie.

(Ver Figuras 6.13, 6.14 y 6.15)

El sistema Sancocho lo conforman elementos livianos, de manejo manual, producidos con perfiles de chapa doblada y hormigón, insumos ambos de producción venezolana abundante y a precios competitivos (ver Figuras 6.16 y 6.17), que permite construir sin problemas edificaciones hasta de dos plantas

Los elementos que componen el sistema son los siguientes:

- Elementos planos de paredes, vigas y losas, de 3 cm de espesor. Se logran mediante un bastidor conformado por perfiles de chapa doblada de 1,1 mm de espesor y rigidizado mediante alambres de 5 mm de diámetro colocados diagonalmente. Estos bastidores, además de servir de encofrados laterales, sirven de armadura que se integra con el hormigón constituyendo el elemento. De esta manera se logra producir un elemento delgado de acero-hormigón, capaz de resistir las tensiones a las que va a estar sometido durante su transporte y montaje, así como las acciones definitivas de uso.
- Las losas son macizas de 90 x 76 x 3 cm; las paredes se conforman con elementos de 90 cm de ancho, por 30, 45, 60 y 90 cm de altura; las vigas se producen con longitudes de 180, 270 y 360 cm.
- Columnas realizadas a base de elementos lineales, que se constituyen con láminas y perfiles de chapa doblada.
- Vigas de cimentaciones, prefabricadas de hormigón, que se producen de tres tipos: lineales, de 50, 90 y 180 cm; en forma de "T", de 135 cm con alas de 45 cm; y en forma de "L", de 135 cm con ala de 45 cm.
- Apoyos de hormigón para protección de las ventanas.

La conformación espacial se logra a partir de una retícula ortogonal en planta de 90 x 90 cm, y verticalmente, en módulos de 30, 60 y 90 cm (se generan espacios de 360 cm de luz libre en una dirección); en la dirección ortogonal, la dimensión será variable en módulos de 90 cm. Las alturas libres de entrepiso son de 240 cm, y pueden llegar hasta 395 cm. En techos se logra una pendiente del 16,7% para permitir la colocación de tejas. (Ver Figuras 6.18 y 6.19.). (PEÑA J. A., 1997).

La producción se hace en dos fases: en el taller de soldadura y conformado de aceros metálicos se preparan todos los elementos, tales como columnas, vigas y bastidores para los componentes de paredes y losas; a pie de obra, o en una planta fija de producción, se elaboran los elementos de acero-hormigón. El proceso consiste en el vaciado de concreto de las vigas, paredes y losas, lo cual se realiza sobre mesas metálicas, que se apilan verticalmente.

El transporte se hace en paquetes de elementos tipo utilizando vehículos normales, y el manejo puede realizarse mediante el uso de montacargas. El montaje es manual, ya que el peso de los componentes es de alrededor de los 60 kg.

Comportamiento estructural del sistema

Las losas trabajan como un diafragma continuo apoyado sobre las vigas colocadas cada 90 cm. En el caso de las losas de entrepiso, éstas se

complementan mediante refuerzo con malla electrosoldada y un vaciado “in situ” de hormigón de 3 cm de espesor sobre las losetas que hace de capa de compresión.

Las vigas trabajan como elementos simplemente apoyados sobre las columnas que conforman el esqueleto de las paredes portantes. Las reacciones verticales de las vigas se transmiten a las paredes portantes. La integración de vigas y paredes se logra mediante soldadura hecha en la obra. Las vigas de cimentaciones transmiten al suelo presiones de 4 t/m^2 en viviendas de un piso y hasta 10 t/m^2 en viviendas de dos pisos. Las fuerzas horizontales debidas a la acción sísmica o de viento se resisten mediante el conjunto de paredes portantes en dos direcciones ortogonales. El factor de esbeltez de las edificaciones, al ser inferior a 2, impide que aparezcan esfuerzos de tracción a nivel de cimentaciones bajo la acción de estas fuerzas. El diseño de los elementos respeta los fundamentos teóricos del sistema: facilidad de manipulación y optimización del uso de los materiales básicos, acero y concreto. El dominio de la *ingeniería de detalle* es factor fundamental para el correcto diseño de los componentes, y en él deben contemplarse los siguientes factores:

- La ubicación del elemento en el conjunto de componentes de la vivienda, para establecer las exigencias estructurales y la geometría.
- Definida la geometría, el establecimiento de las tolerancias necesarias para facilitar el montaje, con lo cual quedan determinadas las primeras variables para la producción: materiales, forma, dimensiones reales, refuerzos estructurales.
- La forma de producción, de acuerdo a las herramientas, equipos y mano de obra con que se cuenta.

La forma de ensamblaje es importante, ya que es preciso simular el proceso de montaje para predecir las facilidades o dificultades que el elemento presenta. La forma más adecuada de hacer la simulación es a través de la ejecución de prototipos reales, que permiten experimentar las situaciones que se manifiestan en el montaje y hacer los ajustes necesarios. Esta forma de operar garantiza que la producción y el montaje de los elementos sea factible, antes de la instalación del proceso industrializado.

El proceso no es tan lineal como se describe: en cada fase se evalúa el comportamiento del elemento frente a la totalidad del sistema. La incorporación de nuevos elementos debe responder a los siguientes parámetros:

- Que pueda ser industrializado sin alterar substancialmente los medios de producción.
- Que haya sido comprobada su necesidad dentro del conjunto de componentes del sistema.
- Que su uso introduzca mejoras o nuevas posibilidades de uso del sistema.

Producción de los elementos Sancocho

Para la fabricación de los elementos se ha de contar con una planta de producción industrializada en la que se ejecuten los distintos procesos. En el taller se elaboran los bastidores para los elementos de acero-hormigón con su refuerzo metálico y las columnas. Para ello se utilizan los patrones previamente elaborados que garantizan la precisión en las dimensiones y formas de los componentes.

La producción de elementos de acero-concreto se realiza en un patio de vaciado de concreto, al cual llegan los bastidores fabricados en el taller. El vaciado se realiza sobre bandejas construidas con láminas de acero y perfiles angulares en sus bordes, que se van apilando en la medida en que se va haciendo el vaciado, conformando tortas de hasta 20 bandejas superpuestas.

Estos procesos, que se llevan a cabo en forma independiente, son sencillos, y en ellos la mayoría de las tareas las realizan trabajadores no especializados. Por la forma como están concebidos estos procesos, los operarios se concentran en una labor determinada y repetitiva, por lo que se obtiene un incremento gradual en el rendimiento de la producción. La planta de producción de San Sebastián de los Reyes (Venezuela) tiene capacidad para producir seis viviendas de unos 45 m² por día.

Los lectores interesados en el proceso de producción de los elementos del sistema Sancocho, pueden encontrar información detallada de los mismos en el trabajo del autor: “La industrialización posible de la vivienda latinoamericana”, (SALAS J., 2000).

Incidencia de los factores que intervienen en el sistema constructivo industrializado⁸²

A manera de ilustración se establece seguidamente un análisis de los factores que inciden en los diferentes componentes que integran la construcción de una vivienda del sistema Sancocho. Tomaremos como ejemplo el caso de una vivienda de 45 m², cuyo costo, sin incluir el terreno, fuese del orden de 10.000 \$USA.

La construcción se ha dividido en las siguientes partidas:

- Producción en planta fija y transporte de elementos prefabricados.
- Montaje y sellado de uniones entre elementos prefabricados.
- Puertas, ventanas y rejas para protección de ventanas.
- Acabados, incluyendo la losa de piso.

82 Los valores cuantitativos económicos o de otro tipo que figuran en este apartado, sólo deben tomarse a modo de ejercicio ilustrativo, pero en modo alguno implican al sistema constructivo que se cita, ni a las circunstancias concretas del país, Venezuela, en el momento presente, 2016. Se ha procedido a estimar los valores que se presentan únicamente en base a valores medios de experiencias concretas del autor, y con el único objetivo de tratar de situar el texto lo más cerca posible de la realidad.

- Instalaciones sanitarias.
- Equipos: incluye artefactos sanitarios.
- Instalaciones eléctricas.

Los factores que se han tomado en consideración surgen de la incidencia de los materiales, equipos y mano de obra que intervienen en cada uno de los componentes. (Ver Tablas 6.12 y 6.13).

Las conclusiones más significativas son las siguientes:

- La mano de obra que se utiliza en la producción industrial del sistema es del orden del 25% del total empleado en la construcción de la vivienda. De aquí se deduce que es posible tener la participación de mano de obra no especializada o aportada por autoconstrucción de los usuarios, ya que para la realización en obra de los componentes las tareas son del conocimiento común de los sectores populares de la población. El grado máximo de especialización para la construcción de la vivienda sería el de soldador y electricista.
- En cuanto a equipo se refiere, el 78% del total requerido se emplea en la planta fija de producción y en el transporte. Sólo el 22% restante se utiliza en obra con herramientas menores de uso común (la soldadura eléctrica requiere el único equipo especial).
- En cuanto a los materiales, el 46% se emplea en la producción de los componentes del sistema; el resto, el 54%, se utiliza en la obra; se trata en ambos casos de materiales de uso común en la construcción en Venezuela.

Los índices de gasto de materiales en la producción de los componentes del sistema, incluyendo los componentes de cimentación son los siguientes:

- Hormigón de calidad: $f''c=250\text{ kg/cm}^2$; del orden 0.15 m^3 de hormigón por m^2 de superficie.
- Acero calidad: $f''y=2.500\text{ kg/cm}^2$: 18.00 kg/m^2 .

Este consumo de materiales permite proporcionar una vivienda cuyo techo es de hormigón, capaz de soportar un recubrimiento a base de tejas de arcilla y una sobrecarga eventual de 100 kg/m^2 .

TABLA 6.12

RESULTADOS GLOBALES DE UNA VIVIENDA SANCOCHO TIPO	
Costo del metro cuadrado de construcción:	Del orden de 200 \$USA / m ²
Salario mínimo mensual en Venezuela:	100 \$USA
Área de la vivienda:	45 m ² construido
Horas hombre (hh) por vivienda:	766 horas-hombre
Participación total mano de obra:	17,0 horas hombre /m ²
Participación de mano de obra en planta de prefabricación:	Del orden de 5,0 horas-hombre por m ²

TABLA 6.13

REPERCUSIÓN SOBRE EL TOTAL DE LOS MATERIALES, EQUIPOS Y MANO DE OBRA EN LA TOTALIDAD DE LA VIVIENDA.				
ITEM	MATERIALES	EQUIPO	MANO/OBRA	% PARTICIPACIÓN
PRODUCCIÓN / TRANSPORTE	25.3	12.0	7.7	45.0
MONTAJE	1.9	0.2	7.2	9.3
PUERTAS Y VENTANAS	5.2	1.8	3.2	10.2
ACABADOS	14.3	0.9	5.8	21.0
INST. SANITARIAS	3.3	0.2	3.4	6.9
EQUIPOS	3.3	0.1	0.4	3.8
INST. ELÉCTRICAS	1.5	0.1	2.2	3.8
TOTAL	54.8	15.3	29.9	100

6.7

CONSTRUYENDO METROS CÚBICOS DE “GRAN GALPÓN”

El texto que sigue pretende mostrar al lector un caso concreto de las ocho “familias de posibles soluciones tecnológicas” que se enunciaron en la Tabla 6.1, en concreto la siguiente:

ACTUACIONES SOBRE LAS FORMAS, LAS TIPOLOGÍAS Y DISEÑOS ARQUITECTÓNICOS:

- Búsqueda de la superficie útil y maximización de los volúmenes utilizables;
 - Racionalización de soluciones de viviendas en pendientes.
 - Propuesta de alternativas de crecimiento futuro.
 - Viviendas crecederas “hacia dentro” (Gran Galpón)
-

Introducción a los fundamentos del “Gran Galpón”

El Profesor de la UNAM, Carlos González Lobo (G. LOBO C., 1998) ha trabajado de forma insistente en la consecución de soluciones de muy bajo coste de viviendas, tratando de conseguir logros reales actuando sobre el proyecto constructivo y la distribución volumétrica del espacio construido. No es baladí afirmar de forma muy concisa pero contundente que una de las aportaciones que más valoramos es la de hacer real la afirmación

(...) de que la vivienda de interés social debería medirse y compararse en función del número de metros cúbicos construidos (m^3) en lugar de los metros cuadrados (m^2) que suelen ser los que se valoran en los proyectos de viviendas de interés social.

La Figura 6.20 resume de forma concisa pero contundente, algunas de las ideas básicas del “Gran Galpón”, plasmadas en planos inicialmente pero ratificadas por la práctica de décadas y de cientos de realizaciones. En la figura aparecen los resultados finales de comparar tres volúmenes construidos, todos de la misma superficie en planta: $25,74 m^2$ realizadas con idénticos materiales pero con **diferentes soluciones volumétrica y constructivas**:

- Una **“construcción base”** de $3,60 \times 3,60m$ de planta y $2,30$ de altura libre, cubierta a base de un forjado horizontal. La “superficie habitable” resulta de $22,68 m^2$ y el volumen habitable de $54,43 m^3$. El precio total final de la construcción resultante (en cualquier lugar y momento), se fija en **100 Unidades de Coste**.

- Una “construcción alternativa a”: de 3,60 x 3,60m de planta y entre 3,70 y 5,20 m de altura libre, cubierta a base de bóvedas dovelas de ladrillos armados. La “superficie habitable” resulta de 22,68 m² y el volumen habitable de 71,56 m³. El precio total final de la construcción resultante (en cualquier lugar y momento), resulta ser en comparación con la anterior solución de **72,80 Unidades de Coste**.
- Una “construcción alternativa b”: de 3,60 x 3,60m de planta y entre 2,30 y 3,60 de altura libre, cubierta a base de bóvedas dovelas de ladrillos armados. La “superficie habitable” resulta de 22,68 m² y el volumen habitable de 107,85 m³. El precio total final de la construcción resultante (en cualquier lugar y momento), resulta ser en comparación con la anterior solución de **83,02 Unidades de Coste**.

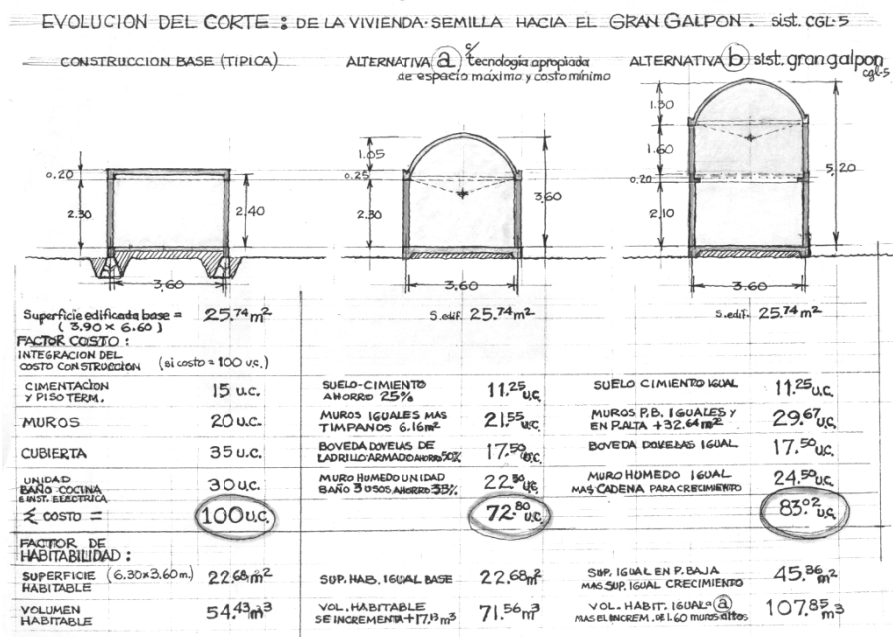


FIG. 6.20

Ideas básicas de posibles volúmenes y presupuestos económicos comparativos para el “Gran Galón” de una y dos plantas con opciones de tres plantas. El esquema-resumen, condensa las principales ideas que justifican lo que podríamos denominar “teoría del Gran Galpón”, puesta a punto por el Prof. González Lobo. (Autoría del Arquitecto Carlos G. Lobo).

El tema resumido de forma excesiva por nuestra parte, pretende exponer ante el lector la importancia de los resultados del Prof. G. Lobo.

De las muchísimas soluciones alternativas propuestas y realizadas por Carlos Gonzáles Lobo, sistemas CGL, que presenta globalmente como “coste mínimo y volumen máximo”, hemos seleccionado los esquemas que se recogen en la

Figura 6.21 de primeros esquemas de viviendas proyectadas para una realización en Campinas, Brasil, promovidas por la ONG de la Universidad de Sevilla, España, "Arquitectura y Compromiso Social".

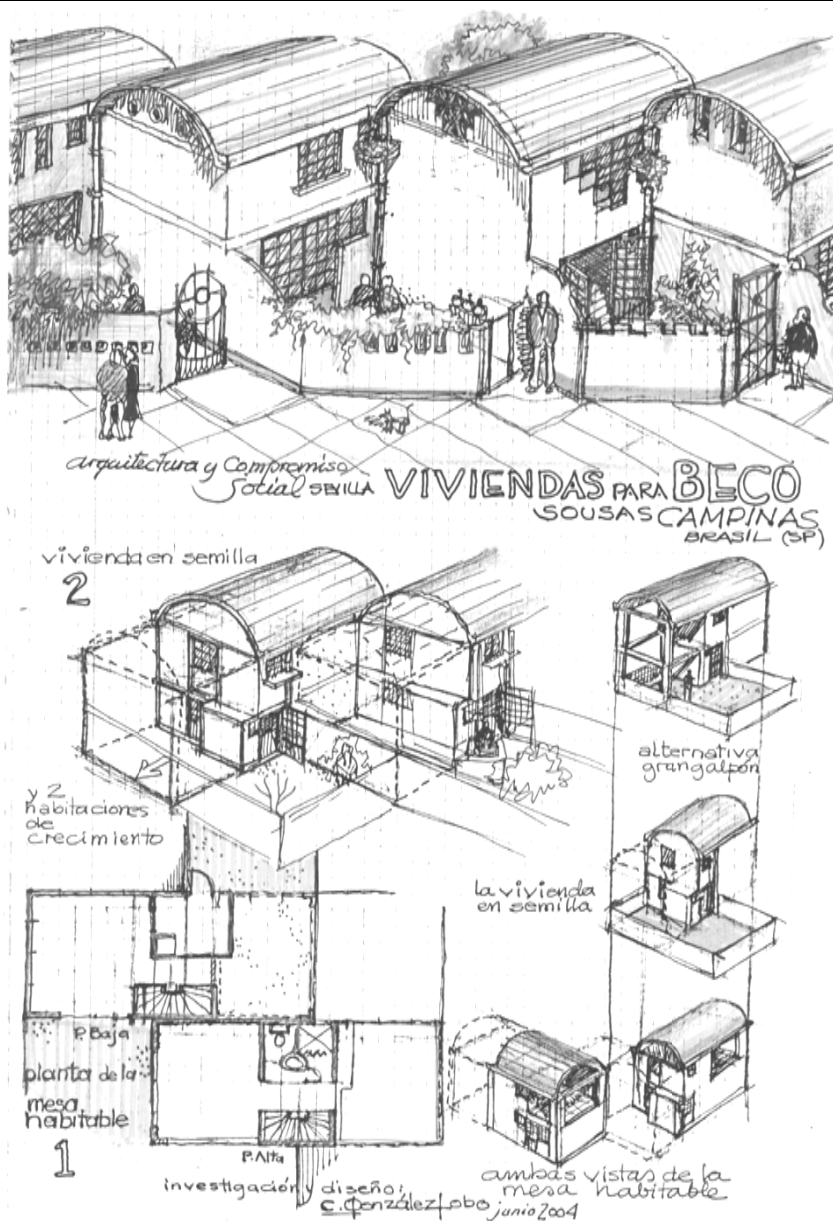


FIG. 6.21

Esquemas de viviendas Gran Galpón realizables con la idea de facilitar el crecimiento interior, aportando la posibilidad real de proporcionar metros cúbicos construidos en lugar de metros cuadrados de superficie. Esquemas del anteproyecto del Arquitecto C. G. Lobo para Campinas, Brasil. (Alzados y secciones de C.G. Lobo).

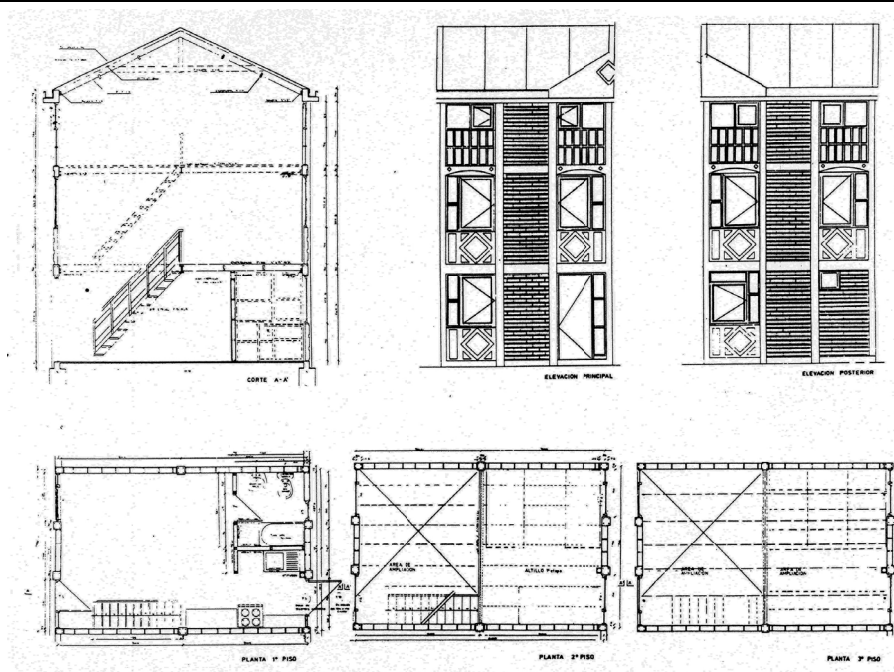


FIG. 6.22
Secciones y alzados de tres alturas de cada una de las viviendas del “Conjunto Andalucía” en Santiago de Chile de 30 m² construidos, que pueden transformarse paulatinamente en hasta 85 m² útiles.

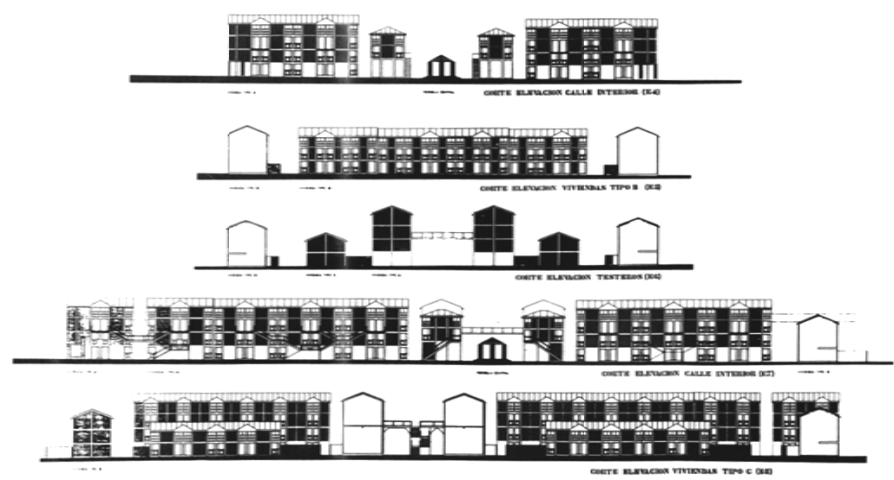


FIG. 6.23
Secciones y alzados de soluciones de dos y tres plantas del condominio cerrado en una hectárea de terreno en el “damero colonial” de Santiago de Chile. Proyecto del arquitecto F. Castillo y equipo colaborador español. (Proyecto F. Castillo).

FIG. 6.24

Detalle de la escalera interior realizada por autoconstrucción, que permite duplicar la superficie de uso de la "solución habitacional". En un plazo inferior al año, todas las viviendas del Conjunto Andalucía habían realizado por autoconstrucción las obras interiores que le permitieron casi duplicar o triplicar la superficie. (Foto: J. Salas).



FIG. 6.25

Fachadas de las viviendas Gran Galpón de tres alturas realizadas por la empresa chilena ganadora del concurso de obra. Las fachadas utilizaron paneles prefabricados en obra como elementos de ante-balcón, dejando todo el volumen interior vacío. (Foto: J. Salas),



FIG. 6.26

Vista general del Conjunto Andalucía que permitió multiplicar por tres la densidad habitacional de una parcela de una hectárea delimitada por cuatro calles perfectamente urbanizadas, parcela que hasta la fecha estaba ocupada por sólo 30 familias dedicadas a la recolección de basuras en la zona. El conjunto se dotó, tan sólo, de dos puertas de acceso público que proporcionan gran seguridad a sus habitantes. (Foto: J. Salas).



Algunos aspectos de la realización "Conjunto Andalucía" en Santiago de Chile

El Conjunto Andalucía fue realizado en Santiago de Chile, con la autoría del arquitecto chileno Fernando Castillo Velasco, Premio Latinoamericano de Arquitectura, en colaboración con el Prof. de la UNAM de México, Carlos González Lobo. Se gestó a partir de experiencias teórico-prácticas realizadas previamente por este último, sobre la tipología de "crecimiento interno

mediante autoconstrucción" denominado popularmente como "Gran Galpón" y se realizó con financiación complementaria de la Junta de Andalucía en 1992. (Ver Figura 6.22).

El "Conjunto Andalucía" se construyó en el centro de la ciudad de Santiago, en una parcela de una hectárea ocupada por un conjunto de 70 viviendas en estado ruinoso, en la calle Lord Cocran, destinada a la clasificación de basuras por sus habitantes. La "densificación de dicha parcela", objeto del proyecto de Cooperación para el Desarrollo solicitado por la Municipalidad de Santiago y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, como proyecto emblemático de la Cooperación Española, supuso alojar a 102 nuevas familias más las 70 iniciales, en la misma parcela, conformando viviendas de dos tipologías:

- Tipología A: de 36 m² de superficie en planta, ampliables hasta unos 70m² brutos (bajo más primero);
- Tipología B: de 30 m² de superficie en planta, ampliables hasta 86 m² brutos (bajo más dos plantas).

La Figura 6.23 presenta la sección vertical del conjunto construido por la empresa constructora "Elias Roitburd", según la normativa para viviendas sociales y conforme a la reglamentación del SERVIU Metropolitano de Chile (CASTILLO F., 2000).

Las Figuras 6.24, 6.25 y 6.26 muestran algunos aspectos de la obra: el crecimiento por autoconstrucción de los moradores que permite pasar de dos a tres plantas; la fachada exterior de las viviendas Tipo B y una vista general del conjunto construido.

Los esquemas del Arquitecto G. Lobo son sólo una limitadísima muestra de lo proyectado y construido con las soluciones "Gran Galpón" en México, Chile, Nicaragua, Colombia... recogidos en el libro del mencionado arquitecto: "La Ciudad Posible" de la Editorial Escala.

La realización descrita fue, como ya se ha dicho, un proyecto de cooperación financiado, en parte, por la Junta de Andalucía, coordinado desde la Oficina Técnica de Cooperación de la AECID en Santiago de Chile, por lo que al autor de este libro que intervino como Coordinador, le ha parecido de interés destacar los siguientes resultados centrados exclusivamente en aspectos de cooperación para el desarrollo:

- La participación de buenos profesionales especialistas reconocidos en el tema suele ser fundamental en los proyectos de cooperación innovadores;
- Nada debe "donarse a cambio de nada" (en el caso que se comenta, los primitivos alojados aportaron la propiedad de la hectárea de suelo, como condición para participar en el programa);
- El cumplimiento de las normas del país, cuando están reconocidas y aceptadas como válidas, debe ser una pauta de conducta (la conocida fórmula de financiación de vivienda social chilena: "Ahorro + donación + crédito", se respetó íntegramente);

- Una buena contraparte, como lo fue la excelente participación del MINVU de Chile y la Municipalidad de Santiago, fue la mejor garantía para la realización del proyecto;
- La participación de técnicos españoles con “oficio” fue encomiable para ambas partes;
- La eficacia de las trabajadoras sociales en la resolución de los problemas “sociales/humanos” entre los dos colectivos (“cartoneros” y “postulantes tradicionales”) fue fundamental.
- La premisa de partida de que la “densificación de la ciudad expandida” era posible, se demostró gracias a esta realización piloto a escala real: se pasó de 68 familias a 178.
- El “derecho a la ciudad” se plasmó en forma práctica: el proyecto fue antes que nada la integración de una manzana “informal” a la ciudad “formal” de Santiago al tiempo que la dotación de “viviendas dignas”.
- La importancia de los metros cúbicos construidos (por encima de los metros cuadrados) fue una realidad.
- Sin la comunidad organizada hubiese sido imposible el proyecto.

6.8

COMPONENTES CERÁMICOS DE PAREDES Y CUBIERTAS

Aportaciones de Dieste como referencias

La expresión *cerámica armada* está indisolublemente ligada al ingeniero uruguayo Eladio Dieste (DIESTE E., 1987 y 1992), ya que aportó a la industria de la construcción contemporánea un nuevo material, *"amalgamando ladrillo cerámico, mortero y acero para hacerlos trabajar en forma solidaria"*, en expresión de Mariano Arana. El caso de Dieste, parco en palabras, es paradójico. Si bien a nivel latinoamericano, y aun europeo, se ha registrado últimamente un interés creciente por sus estudios y realizaciones, el conocimiento de su obra se mantiene muy por debajo de la importancia de la misma.

Por varias razones que el lector atento al hilo conceptual de nuestro trabajo descubrirá con facilidad, hemos seleccionado el párrafo que sigue de Dieste (DIESTE E., 1992):

Estoy convencido de que la cerámica estructural es una técnica con posibilidades tan grandes como las del hormigón armado. En materia estructural solemos proceder como si el campo del conocimiento estuviera completamente definido y bastara profundizar lo ya conocido. Esto es falso en este campo de las técnicas y seguramente en todos los demás. Creo que esa actitud se debe a que tenemos la cabeza puesta en el extranjero, dando por sentado que todo ha de venirnos de las sociedades desarrolladas, a las que tan provincianamente solemos admirar.

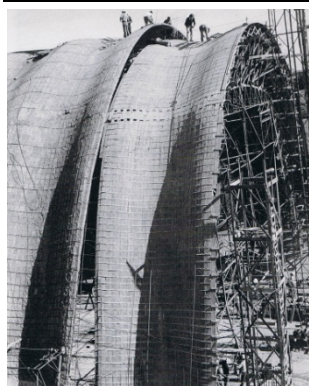


FIG. 6.27

Una vista espectacular de la construcción de un gran silo horizontal, capaz de almacenar 30.000 toneladas para la Cooperativa Agrícola "Young" en Río Negro, Uruguay, construida en 1978 según proyecto y dirección de obra del ingeniero Eladio Dieste. (Foto: del libro "E, Dieste", Edit. Junta de Andalucía).

Siguiendo con las reflexiones del ingeniero Dieste (Ver Figura 6.27), nos parece fundamental transferir su decálogo sobre este material:

(...) elegimos el ladrillo por una serie de razones que creemos conveniente explicitar porque se refieren a hechos no siempre bien conocidos:

1. Su elevada resistencia mecánica. Pocos saben que en los países industrializados la gran masa del material producido tiene resistencias entre 500 y 1.000 kg/cm², y que hay ladrillos de precio accesible que alcanzan 1.500 kg/cm², resistencias que igualan o superan las de los mejores hormigones. En Uruguay, Argentina, Brasil, etc., hay también ladrillos de alta calidad.
2. Con la tierra cocida son posibles mampuestos de una liviandad inalcanzable con hormigón o cemento. Y esa liviandad se mantiene al ensamblarlos para construir piezas de dimensiones comparables a las usuales en hormigón armado o ferrocemento.
3. A igualdad de resistencia, el ladrillo tiene un módulo de elasticidad menor que el hormigón, lo que es una ventaja y no un inconveniente, porque da a la estructura una mayor adaptabilidad a las deformaciones. El riesgo de pandeo, si existiera, puede obviarse usando soluciones como las que empleamos en las cáscaras “gausas”, que incrementan muy poco el peso y el costo.
4. Buen envejecimiento: con un mínimo de cuidado, la estructura envejece mejor que las de hormigón y resiste, también mejor, los cambios bruscos de temperatura.
5. Contra lo que pueda suponerse, las reparaciones, cambios o agregados se notan menos que en una estructura de hormigón no revocada.
6. Buen aislamiento térmico de la masa de tierra cocida, incrementado todavía más por la posibilidad de introducirle huecos, ya sean los conocidos por todos en las piezas fabricadas por extrusión o prensado, o los que podrían lograrse incluyendo en su masa granos de cerámica expandida.
7. Mejor comportamiento acústico por el menor E* y por la facilidad con que se hacen en ladrillo formas acústicamente convenientes.
8. Capacidad de regulación *natural* de la humedad ambiente, que tiene un efecto mayor de lo que podría suponerse.
9. La superficie, frente a una de hormigón (y usando deliberadamente una manera no técnica de expresarse) irradia menos calor en verano y nos toma menos del nuestro en invierno.

10. Con las actuales técnicas de fabricación y con una racionalización global de la industria, se puede obtener un precio por metro cúbico de material fabricado no comparable al de ningún otro de calidad semejante.

No nos hubiese parecido justo iniciar un acercamiento a la utilización de elementos de cerámica armada en la vivienda de muy bajo coste en Latinoamérica sin la mención expresa de la importancia de la obra intelectual y construida de Dieste, al que consideramos origen y sustento de las aplicaciones prácticas que siguen en este apartado.

Placas prefabricadas de elementos cerámicos (PIPA, FERRERO, 2013).

La placa o panel estrecho de altura suelo-techo a base de ladrillos macizos o huecos presenta un uso creciente en bastantes países de Latinoamérica. Su amplia difusión, entendemos que es resultado tangible de la naciente y sutil transferencia tecnológica Sur-Sur. Varias instituciones técnicas y organizaciones no gubernamentales han acumulado experiencias y transfieren su *saber hacer*, especialmente en las zonas con tradición en la fabricación y empleo de la cerámica cocida.

Esta forma de iniciarse en la *industrialización posible* permite el salto del ladrillo al elemento en forma de pequeño panel de 40-60 cm de anchura por 200-240 cm de altura, y hace real la teoría de G. Carlo Argan (ARGAN G.C., 1969) referente al paso del *módulo-medida* al *módulo-objeto*, transformando el pequeño panel en un elemento ordenador/racionalizador del proyecto, la producción y la ejecución.

Se trata de elementos de manejo manual —dos personas auxiliadas de herramientas simples—, dan gran rendimiento en su producción y para cuya manipulación no se necesita experiencia previa. No estamos en condiciones de hacer un balance de las diferentes instituciones latinoamericanas que producen y utilizan este elemento que, en nuestra opinión, es un paradigma tangible de lo que hemos optado por denominar *industrialización posible*. Así, hace tres décadas los cooperativistas uruguayos utilizaron con acierto estos elementos; el CEVE de Córdoba (Argentina) ha llevado la placa hasta sus últimas consecuencias, conformando el sistema integral de vivienda denominado Beno, y el Taller Norte de Chile, varias ONG en Colombia, CEVE-GRET en Fortaleza (Brasil), etc. utilizan estos elementos, ver Tabla 5.3 sobre transferencia de tecnología. (PIPA, GRET, 1995).

La placa Beno: del ladrillo suelto a la placa cerámica⁸³

Vamos a comentar de forma monográfica la realización de Planalto Benjamin en Fortaleza (Brasil), en la que el panel a base de ladrillos huecos cerámicos es el elemento emblemático (CEVE-GRET, 1995, 1998). Hemos seleccionado esta realización por no pocas razones:

83 Tomado de la monografía publicada por el GRET: *Producir placas para construir más rápido*, coordinada por Dante PIPA, del CEVE-Córdoba. Fortaleza, Brasil, 1995.

- Por ser un resultado tangible y posible de lo que hemos llamado la *industrialización sin industria*.
- Por ser un caso práctico de transferencia tecnológica Sur-Sur: la experiencia de un centro de investigación-acción, el CEVE de Córdoba, ha sido utilizada por la Associação dos Moradores do Planalto Benjamin en Patuba (Brasil), asesorada por la ONG francesa GRET.
- Por el empleo de un componente industrializado simple, un panel liviano, con capacidad para transformarse en germen de un sistema integral más complejo y con mayores prestaciones.
- Por haber sido premiada esta realización en el Congreso Mundial Hábitat II celebrado en Estambul (Turquía) en 1996, dentro del capítulo de “Buenas Prácticas” a nivel mundial.

El origen de la placa del sistema Beno es un elemento mayor que el ladrillo, en el que se optimiza su rendimiento por usarlo de manera no tradicional. Se trata de llegar a un componente modular de tamaño suficiente, pero siempre procurando que dos hombres puedan transportarlo sin gran esfuerzo, ayudándose de herramientas o mecanismos simples.

Para su fabricación es necesario contar con:

- Moldes.
- Equipos y herramientas.
- Materiales.

Esta prefabricación puede hacerse con una inversión mínima en equipos y en una planta que puede funcionar al aire libre. Permite un alto porcentaje de prefabricación en taller o a pie de obra, con enormes ventajas para el acopio de la producción. El diseño del área de producción deberá efectuarse considerando la globalidad del proyecto de construcción de las viviendas, y su implantación deberá tener en cuenta su relación con:

- El trazado de la red vial del plan, a fin de posibilitar una adecuada accesibilidad al mismo.
- La proximidad a los lotes que serán ocupados por las viviendas, a fin de reducir al mínimo los futuros desplazamientos que se producirán entre ambos.
- La disponibilidad de futuras áreas libres o espacios verdes que, en principio, ofrezcan la posibilidad de implantación sin interferir con las construcciones futuras.
- La accesibilidad a redes de suministro de servicios esenciales (agua, luz, etc.).

El proyecto del área de producción (ver Figuras en la Tabla 5.3) deberá prever en su implantación la zonificación de las siguientes áreas específicas:

- Área de servicios generales:
 - Batería de sanitarios, en relación a la zona de producción y al plan de viviendas.
 - Zona de maniobras y accesos adecuados que posibiliten la carga y descarga de materiales directamente en los puntos de almacenaje.
 - Oficina técnica y de control próxima al acceso.
 - Tanque de reserva de agua.
- Áreas de almacenamiento de materiales:
 - Cubiertas: depósito de herramientas y equipos menores; depósito de materiales que necesitan estar al resguardo de la intemperie y sujetos a pérdidas o robos.
 - Descubiertas: zona de acopio de áridos, zona de acopio y fabricación de armaduras; zona de acopio y clasificación de ladrillos; pileta de agua, y zona de acopio de maderas.
- Zona de fabricación de placas (próxima a puntos de almacenamiento de materiales):
 - Zona de fabricación de placas propiamente dicha.
 - Islas para almacenamiento temporario.
 - Circulaciones adecuadas.

Por razones de seguridad, es conveniente que el área de producción esté cercada para permitir el acceso únicamente a aquellas personas involucradas en tareas y también impedir el ingreso de animales.

Las dimensiones de la planta de producción serán acordes con el volumen de producción diaria que se le asigne. En este sentido, la cantidad de placas que deben ser producidas por jornada es un factor determinante en el dimensionado del área de fabricación de componentes. Dicha área deberá prever como espacio de trabajo el doble de la necesaria para la producción diaria, dado que las placas permanecen 48 horas en la zona de moldeo, previas a su movilización y traslado a las zonas de acopio. (En el caso que se describe se producían 96 placas diarias, por lo que el área de producción necesaria era el correspondiente a 192 placas).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el terreno. Dado que éste es la base del molde donde se fabrican las placas, deberá estar suficientemente firme y nivelado para asegurar una forma perfectamente plana.

Los equipos, herramientas y moldes necesarios para la fabricación de, aproximadamente, 96 placas diarias, son básicamente:

- 2 hormigoneras
- 4 carretillas
- 200 láminas de polietileno de 150/200 micrones

- 5 cucharas, 5 baldes, 5 escobas
- 5 cajones o baldes, 5 palas
- 5 moldes para fabricación de placas
- 1 molde para tímpanos chicos
- 1 molde para tímpanos grandes.

Una vez que se dispone de todos los equipos, herramientas y moldes necesarios, ha de comenzarse por la preparación de la superficie de terreno para lo cual deberá retirarse la maleza y nivelarse por medios mecánicos. Esta preparación se completará en forma manual hasta dejarlo en perfectas condiciones.

Simultáneamente se comienza la preparación de las armaduras: estirado y enderezado del acero; cortado a medida; doblado según destino, y clasificado en forma ordenada. Mientras se elaboran las armaduras, otra persona prepara los ladrillos huecos. Su tarea es separar los ladrillos dañados para conseguir un mejor aprovechamiento; con los sanos se fabricarán las placas rectangulares y con los rotos se ejecutarán las pendientes de los paneles triangulares utilizados como tímpanos.

Los ladrillos previamente seleccionados y saturados de agua se retiran de la pileta y se acarrean mediante carretilla a medida que se utilizan, para evitar que pierdan la humedad. Asimismo se arrima el mortero para llenar las juntas y fabricar las placas.

Al comienzo de cada jornada, para reiniciar el ciclo productivo propiamente dicho, se trasladan a la zona de producción todos los elementos necesarios: moldes, plásticos, armaduras, herramientas de mano, bateas. Concluidas las tareas preparatorias, con todos los materiales, moldes y herramientas necesarios, se inicia la conformación de las placas. Para ello se disponen las láminas de plástico en el terreno y, sobre ellas, los moldes; dentro de los costeros que conforman los elementos se distribuyen los ladrillos con los huecos en posición paralela a la base y recostándolos a las caras del molde, de manera que la junta quede hacia el centro. Se llena esta junta con mortero, colocando en ellas las armaduras. Luego se quita el molde y, por último, se barre la placa para quitar los restos de mortero.

Las placas deben curarse con agua durante las ocho primeras horas. Al día siguiente las placas pueden ser trasladadas al lugar de acopio, en el centro del área de producción. En cada jornada se repite el mismo proceso. Para ello, es necesario repasar la planeidad del terreno para dejarlo en perfectas condiciones.

6.9

EL SISTEMA BENUMA DEL CEVE

Descripción del sistema "BENUMA" (PIPA, FERRERO, GARGANTINI, 2013)

La concepción de tecnología constructiva de AVE-CEVE supone que la misma necesariamente se transforme en un método de construir, y por lo tanto, una forma de producir el hábitat popular, una forma de generar trabajo, una manera de satisfacer necesidades y por ende una forma diferente de concebir a nuestras sociedades y de procurar otro tipo de desarrollo, más humano y equitativo.

Al incorporar el concepto de integralidad a los procesos de producción del hábitat, también se considera que este método para construir deberá favorecer la organización de grupos sociales. Por lo cual, la tecnología debe ser flexible y permitir la participación efectiva de la población en el proceso de gestión habitacional como en el de ejecución, y también favorecer la incorporación de mano de obra no calificada y el uso de materiales tradicionales disponibles en el mercado.

También se intenta que los sistemas constructivos desarrollados, permitan en la ejecución de las viviendas, la incorporación de una multiplicidad de formas productivas entre las que se pueden mencionar el autoconsumo, la ayuda mutua, los planes de estado, la ayuda mutua rentada y las micro y pequeñas empresas de la construcción; que son características del sector social destinatario de la institución.

Bajo este enfoque, se concibe el sistema constructivo BENUMA, cuyo nombre deriva de la combinación de dos sistemas constructivos ya patentados por CEVE hace muchos años: el UMA (Patente N°322688/92) y el BENO (Patente N°226794-CAT N° 2053). Este nuevo sistema posee una gran flexibilidad, tanto para resolver los diseños tipológicos, como también para planificar el proceso habitacional y la ejecución de la obra en general. Esta flexibilidad permite además, combinar dos lógicas productivas diferentes para llevar a cabo procesos habitacionales integrales. En primera instancia se combinan la lógica de la producción industrializada que poseen los componentes estructurales, y la lógica de la producción por autoconstrucción, que favorece la participación de grupos sociales y/o micro y pequeñas empresas de la construcción, tanto en el proceso de producción y montaje de las viviendas, como en la gestión de estos procesos (Ver Figura 6.28).

El sistema BENUMA, consiste técnicamente en una estructura portante sismorresistente de vigas y columnas reticuladas que poseen cabezales metálicos en sus extremos, y a través de los cuáles se vinculan entre sí con bulones. Los cerramientos son de placas cerámicas armadas prefabricadas,

que se acopian para el montaje a pie de obra. El montaje de la estructura como el de las placas es en seco. Una vez montada la estructura, se procede a ejecutar la platea de fundación, continuando con el montaje de las placas, facilitando de esta manera, la organización de la construcción (Ver Figura 6.29).

Otra ventaja del sistema es que incorpora materiales del mercado, lo cual favorece posteriores mejoramientos y ampliaciones, donde podrá verificarse la calidad de las vinculaciones estructurales y constructivas. El sistema productivo, se basa en la creación de plantas productoras de baja inversión, para la producción de la estructura y para la fabricación de las placas.

El tiempo de montaje de la estructura junto con la platea de hormigón, es de dos jornadas de 8 horas, con 2 o 3 personas. Y en cuanto al montaje de las placas, se realiza hasta nivel de capa de compresión en 5 jornadas de 8 horas con entre 6 y 9 personas.

Especificaciones técnicas

A continuación se describen las especificaciones técnicas de los diferentes componentes del sistema.

- **Estructura:** Sistema UMA. Es un kit estructural que se compone de vigas y columnas reticuladas (Acero ADN420 soldable de Ø 8mm y escalerillas de Ø4.2mm). Las vigas y columnas se vinculan a través de cabezales metálicos y bulones, y el montaje es en seco. La fundación es una platea de hormigón armado. Pueden montarse aproximadamente 40 m² de estructura, en una jornada de 8 horas (Ver Figura 6.30).
- **Cerramientos:** Los cerramientos se materializan con placas cerámicas armadas dobles, que conforman un “sándwich” con aislamiento térmico interior en las paredes exteriores (planchas de poliestireno expandido). Las placas se diseñan y clasifican de acuerdo a su ubicación en los cerramientos, ya sean de muro, dinteles, cumbreras, tímpanos, techos, etc. Las placas se vinculan entre sí mediante alambres de alta resistencia. Una vez que todas las placas están colocadas en el tramo, se procede al llenado de vigas de encadenado superior. Este tipo de cerramiento, puede combinarse con diferentes aberturas, pero se recomienda para su óptimo funcionamiento, la utilización de ventanas de hormigón, puertas de chapa exteriores y puertas placa interiores (Ver Figura 6.31).
- **Aberturas:** ventanas de hormigón, puertas exteriores de chapa e interiores tipo placa, con marco de chapa. El sistema puede ajustarse para utilizar ventanas del mercado.
- **Techo y Cubierta:** el techo es también de placas cerámicas armadas, apoyadas sobre viguetas premoldeadas de hormigón. Sobre ellas se realiza la capa de compresión y luego se completa la cubierta con cualquier material aislante del mercado.
- **Instalaciones:** se realizan de manera tradicional, pero se ubican en un solo tabique sanitario (que es compartido por baño y cocina) para su

racionalización. El sistema provee además, placas especiales para instalaciones eléctricas y sanitarias, como también para asentar el tanque de reserva.

- **Terminaciones:** las terminaciones son las mismas que para una vivienda construida con sistema tradicional, pudiendo utilizar cualquier material del mercado (Ver Figura 6.32).
- **Espacios de uso:** el sistema tiene una gran flexibilidad en cuanto al diseño tipológico de la vivienda, como también para el diseño general del proceso constructivo, ya que facilita el montaje utilizando la estructura de guía para niveles y plomos, y permite incorporar al mismo una multiplicidad de formas productivas.

Aspectos de Habitabilidad

En cuanto a aspectos de habitabilidad, el CEVE, siempre tendió a diseñar y desarrollar tecnologías de bajo costo que garanticen mínimas condiciones de habitabilidad y posibiliten una respuesta progresiva para una satisfacción adecuada de normativas vigentes, además de garantizar la calidad material, espacial y ambiental de las viviendas.

Por este motivo, esta nueva combinación de los sistemas UMA y BENO, tiene una amplia flexibilidad para ser utilizados y adaptados a una gran variedad de climas, ya que sus cerramientos además de estar aislados térmicamente, tienen características de transmitancia térmica, iluminación interior, etc. asimilables a las de la construcción tradicional.

Cabe mencionar además, que entre las premisas de diseño del sistema, también están contemplados otros aspectos que tienen que ver con las adaptaciones, tanto del diseño arquitectónico como del diseño tecnológico, a las diferentes realidades locales, entre las cuáles se pueden mencionar:

Brindar tecnologías constructivas “apropiables” que se integren fácilmente a la cultura local de la comunidad que las recibe y que puedan incorporar adaptaciones locales y que sean de fácil aprendizaje, evitando así la transferencia de tecnologías que nada tienen que ver con cada realidad local.

Tecnologías que permitan la racionalización en el uso de los recursos financieros, y adopten mecanismos simples de administración y gestión, que utilicen equipos para la producción de bajo costo, de fácil operación y obtención por parte de la comunidad o microemprendimientos a los cuáles se les transfiere la tecnología (Ver Figura 6.33).

Estudio de caso: Río Cuarto (Córdoba, Argentina)

Este proyecto habitacional integral fue impulsado entre la Municipalidad de Río Cuarto y el Instituto Provincial de la Vivienda de Córdoba, en el marco de un convenio de transferencia tecnológica firmado con AVE-CEVE. Para este proyecto que prevé un total de 168 viviendas, se diseñaron 3 tipologías de un dormitorio (32 m²), dos dormitorios (42 m²) y la de tres dormitorios de 68 m²,

según la composición y necesidades de los grupos familiares de los destinatarios.

Este proyecto, se realizó con el objetivo de reforzar al municipio en torno a la solución del problema socio-habitacional y laboral, tanto en aspectos institucionales, como tecnológicos. Y también se intentó contribuir al fortalecimiento de microemprendedores y la organización comunitaria de las familias beneficiarias, articulando con programas estatales y favoreciendo la gestión local asociada.

En cuanto al cumplimiento de objetivos, se puede mencionar lo siguiente: se conformó para este proyecto un equipo técnico interdisciplinario específico dentro de la municipalidad de Río Cuarto, que estuvo conformado por trabajadores sociales (Área de Desarrollo Social), contadores y técnicos del Área de Empleo y Arquitectos de la Dirección de Vivienda y Urbanismo, todo esto avalado y con la voluntad política de la intendencia municipal.

El proceso de capacitación y transferencia tecnológica, se inició a través de reuniones periódicas con el equipo municipal, cuyos contenidos estuvieron relacionados con la planificación estratégica del municipio y particularmente con la planificación de la ejecución del proyecto. Luego se inició la transferencia tecnológica propiamente dicha, donde se utilizó como eje de la capacitación, la ejecución de un prototipo de vivienda de 42 m², en el cual participaron activamente los grupos de familias beneficiarias, capacitándolos para la fabricación de placas y para el montaje de las viviendas. (GARGANTINI D., 2013).

Actualmente se están construyendo en Argentina numerosas viviendas con el sistema BENUMA en distintos puntos del país, a través de la intervención de organismos públicos, pertenecientes a distintos estamentos del Estado. Del mismo modo, la metodología de realizar primero un prototipo, luego una pequeña serie y finalmente la producción masiva, resulta exitosa.

Tecnología integral para la producción habitacional

Como resultado de los talleres de motivación y selección participativa de la tecnología constructiva realizada en diversas instancias con las familias inscritas en el proyecto, se seleccionó una combinación de sistemas constructivos desarrollados por CEVE. Como antecedente cabe mencionar que se han transferido estas tecnologías para la construcción de miles de unidades habitacionales en el país y en la región, teniendo el CEVE una larga trayectoria en la temática que comienza en 1967.

Con respecto a la propuesta habitacional que el proyecto contempla, éste resulta una vivienda de 45 m², compuesta por 4 espacios (2 dormitorios, cocina comedor integrados y baño).

El sistema constructivo utilizado, denominado BENUMA, posee una gran flexibilidad, tanto para resolver los diseños tipológicos, como también para planificar el proceso habitacional y la ejecución de la obra en general. Esta flexibilidad permite además, combinar dos lógicas productivas diferentes para

llevar a cabo procesos habitacionales integrales. Así planteado, el concepto tecnológico del sistema BENUMA sintetiza la convergencia de:

- La técnica de “procesos productivos” aplicada a componentes de la industria metalúrgica, y,
- Una tecnología abierta y flexible para ser acabada con la participación del usuario o micro-emprendimientos productivos.

Se combinan así, la lógica de la producción industrializada que poseen los componentes estructurales del UMA, y la lógica de la producción por autoconstrucción, que favorece la participación de grupos sociales y/o micro y pequeñas empresas de la construcción, tanto en el proceso de producción y montaje de las viviendas, como en la gestión de estos procesos, vertiente que aporta el sistema BENO. (Ver Figuras 6.34 y 6.35)

El sistema BENUMA por lo tanto, consiste técnicamente en una estructura portante sismo-resistente constituida por vigas y columnas reticuladas que poseen nudos metálicos en sus extremos, a través de los cuáles se vinculan entre sí. Los cerramientos son de placas cerámicas armadas prefabricadas y las ventanas de concreto prefabricado. El montaje de la estructura como el de las placas es en seco. Una vez montada la estructura, se procede a ejecutar la fundación, continuando con el montaje de las placas, facilitando de esta manera, la organización de la construcción. (FERRERO y PIPA, 2013).

Otra ventaja del sistema es que incorpora materiales de mercado, lo cual favorece posteriores mejoramientos y ampliaciones.

Entre las premisas de diseño del sistema, también están contemplados otros aspectos que tienen que ver con las adaptaciones, tanto del diseño arquitectónico como del diseño tecnológico, a las diferentes realidades locales, entre las cuáles se pueden mencionar:

- Brindar tecnologías constructivas “apropiables” que se integren fácilmente a la cultura local de la comunidad que las recibe y que puedan incorporar adaptaciones locales y que sean de fácil aprendizaje, evitando así la transferencia de tecnologías que nada tienen que ver con cada realidad local.
- Tecnologías que permitan la racionalización en el uso de los recursos financieros, y adopten mecanismos simples de administración y gestión.
- Que utilicen equipos para la producción de bajo costo, de fácil operación y obtención por parte de la comunidad o microemprendimientos a los cuáles se les transfiere la tecnología.

La modalidad productiva propuesta combinó ayuda mutua en la prefabricación, contratación de mano de obra especializada para ítems complejos y compra directa de estructuras. Es destacable el hecho de que la modalidad productiva admite este tipo de combinaciones, según el desarrollo de los proyectos lo requiera. (Ver Figura 6.36).

FIG. 6.28

Sistema BENUMA, puesto a punto por el CEVE de Córdoba, Argentina como feliz combinación de una estructura metálica espacial muy liviana y placas BENO con gran una gran experiencia en su trayectoria de producción por autoconstrucción y uso. (Foto: CEVE).



FIG. 6.29

Detalle de la concurrencia entre un pilar de la estructura metálica y una placa BENO exterior, en espera de “la llegada” al nudo estructural de otro elemento exterior y otro de tabiquería interior. (Foto: CEVE).



FIG. 6.30

Aspecto global de la estructura portante completa de una vivienda en la que destaca la ligereza de la misma, lo que permite que la estructura completa y terminada pueda ser transportada por unos pocos obreros, tantos como pilares tenga la estructura, que se deposita en la losa de cimentación con los huecos preparados al efecto. (Foto: CEVE).



FIG. 6.31

Ejecución del cerramiento externo, en el que se incorporan tres elementos prefabricados de ventanas de hormigón totalmente acabados, que son productos de “catálogo” del CEVE. Elementos que junto con las Placas BENO permiten resolver totalmente los cerramientos. (Foto: CEVE).



FIG. 6.32

Viviendas terminadas, con los acabados tradicionales del sistema BENUMA. (Foto: CEVE).





FIG. 6.33

Realización manual en el suelo de placas BENO por participantes-beneficiarios en el proyecto, tras haber recibido una corta formación durante una jornada laboral. (Fotos: CEVE).



FIG. 6.34

Estructura liviana metálica del sistema BENUMA montada "in situ" y preparada para recibir los cerramientos y demás partes hasta "cerrar" la vivienda. (Foto: CEVE).



FIG. 6.35

Traslado manual de placas por dos beneficiarios del proyecto. (Fotos: CEVE).



FIG. 6.36

Junta de esquina conformada por un pilar metálico del sistema con acceso de dos placas BENO, preparadas para recibir el hormigonado de la esquina mediante la colocación de un elemento de encofrado recuperable. (Fotos: CEVE).



FIG. 6.37

Vivienda terminada de la realización Río Cuarto en Córdoba, Argentina, con acabados especiales bajo demanda, solicitados por la promotora de las viviendas para sus empleados que participaron en algunas tareas como autoconstructores. (Fotos: CEVE).

Las instancias de capacitación y transferencia constructiva ejecutadas permitieron formar en oficios a los representantes familiares, mejorando sus condiciones de empleabilidad en el sector de la construcción. De la misma manera estas instancias como la modalidad productiva elegida, permitieron la integración de las familias así como de personal de la empresa que con carácter voluntario se sumó a la ayuda mutua, contribuyendo a la adhesión institucional interna al proyecto.

El aporte de la empresa en esta instancia constructiva comprendió no sólo proveer el referente y conductor de obra, sino el mejoramiento de las condiciones de seguridad en obra, punto habitualmente omitido en los procesos de construcción tradicional de viviendas para estos sectores y contribución específica de la empresa en esta ocasión, dado que dicha orientación es central para las acciones de la compañía. (Ver Figura 6.37).

El proceso descrito ha dado cuentas del involucramiento del sector privado empresarial en la producción habitacional destinada a sectores de escasos recursos. El mismo, desde un abordaje integral, resulta un aporte específico en la búsqueda de una mayor institucionalización de instancias de gestión asociada. El promover complementaciones entre instancias gubernamentales, empresariales y sociales, a fin de reducir la arraigada cultura verticalista, centralizada y clientelista que ha caracterizado a las políticas habitacionales en el país, en pos de modelos de gestión y actuación superadores a los actuales.

6.10

FICHAS TÉCNICAS DEL LIBRO “UN TECHO PARA VIVIR”

En varios momentos de nuestro trabajo y de forma más concreta, al inicio de este Capítulo, Apartado 6.1 nos hemos referido al libro **“Un Techo para vivir”**. Una de las principales aportaciones concretas del libro es la colección de fichas técnicas recopiladas, en la que de forma altruista se explicitan con una extraordinaria calidad de detalles, los principales conceptos y soluciones constructivas prácticas de componente, sistemas y subsistemas que conforman el libro. Es una especie de invitación a “pasen y vean” y añadimos nosotros, “...y si es de su interés, utilícenos”. Es con este espíritu que hemos pedido permiso y agradecido al equipo de autores, la reproducción completa de algunas de sus fichas que nos parecen en total conexión con los temas abordados con este capítulo.

La Tabla 6.15 es resultado de la elección por el autor de una decena de “fichas” tomadas del libro “Un Techo para Vivir” al que nos hemos referido en múltiples ocasiones a lo largo de nuestro trabajo. La selección la hemos realizado por la novedad tecnológica de sus aportaciones o pensando en su posible utilidad para el lector, así como, para tratar de cubrir de forma eficiente algunos vacíos que habían quedado y que merecían ser completados como el caso de la “quincha prefabricada”. Sistema muy estudiado y aplicado en Perú y que ha conseguido excelentes resultados ante algunos sismos importantes. Si bien es cierto, que los sismos intensos pueden producir grietas notables en las viviendas de quincha, no suelen provocar derrumbes y por tanto, de ocasionar daños en los alojados, estos, generalmente no son de consideración.

La “quincha” ha sido muy estudiada y ensayada por el INVI y supone una solución extremadamente económica para un sector de la sociedad, especialmente el rural, con muy escasos recursos económicos pero con habilidades para su autoconstrucción. El INVI dispone de bibliografía muy pertinente y realiza asesoramiento técnico y transferencia de conocimientos de gran utilidad.

En la tabla que comentamos, se han seleccionado dos componentes o elementos constructivos, que no sistemas, a base de los elementos tipo “batea” que son resultado de los trabajos del CEVE, y que muestran con todo tipo de detalles los pequeños “trucos” consecuencia de una práctica dilatada y de una “política” de difusión abierta. Hemos realizado prácticas en nuestros cursos, con las “fichas” en mano, y damos testimonio de su utilidad, muy apreciada por nuestros alumnos.

En la ficha correspondiente a los detalles para el montaje de las placas “Beno”, se muestra de forma eficaz la manera de proceder en la resolución de los

diferentes tipos de uniones de los elementos verticales, lo que no suele ser habitual en la literatura editada por algunas empresas.

La presentación mediante las tres fichas que se reproducen, elaboradas por la Escuela de Ingeniería de São Carlos, Brasil, sin duda pionera en la puesta a punto de las técnicas de "argamasa armada", informan de las distintas etapas de diferentes tipos de cubiertas industrializadas mediante elementos ligeros. Las soluciones tecnológicas de esta institución, muy preocupada por la durabilidad de los elementos delgados en climas muy agresivos, cuenta con el apoyo de las empresas brasileñas productoras de mallas electrosoldadas de aceros tratados, para asegurar un buen comportamiento frente a la corrosión.

La Escuela de Ingeniería de São Carlos realiza tareas para favorecer la formación de recursos humanos capacitados en la producción y utilización de elementos de argamasa armada, ya que son técnicas muy sensibles y necesitadas de mano de obra responsable.

La ficha del sistema de ferrocemento elaborada y presentada por el CEVE, muestra un sistema constructivo que no es nuevo y que es vigente en numerosos países, tanto desarrollados como en procesos de desarrollo. Este procedimiento racionalizado de ejecución se está aplicando en bastantes países latinoamericanos. El elemento emblemático es el gran elemento de muy bajo peso que permite la resolución manual de un paño vertical de vivienda y que está conformado por placas de poliuretano/polietileno con una doble armadura de mallazo electrosoldado. El punto neurálgico de este procedimiento está en que se cuente con producción nacional, o no, de la capa de aislamiento, así como, en la habilidad en la proyección de mortero por las dos caras del panel.

TABLA 6.15

REPRODUCCIÓN DE FICHAS TÉCNICAS TOMADAS DEL LIBRO "UN TECHO PARA VIVIR"			
FICHA Nº	SISTEMA CONSTRUCTIVO	REFERENCIA	CONTENIDO DE LA FICHA
3.1	QUINCHA PREFABRICADA	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA.ININVI (PERÚ)	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA: RASGOS TECNOLÓGICOS Y SOCIOPRODUCTIVOS.
3.1	QUINCHA PREFABRICADA	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA.ININVI (PERÚ)	PANELES TÍPICOS DE QUINCHA: PANELES DE PAREDES, PANELES DE VENTANA, PAREDES DE PUERTAS, TÍMPANOS RECTANGULARES Y TÍMPANOS TRIANGULARES.
3.1	QUINCHA PREFABRICADA	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA. ININVI (PERÚ)	DETALLES CONSTRUCTIVOS: UNIONES ENTRE VIGUETAS, FIJACIÓN ENTRE PANELES VERTICALES, CORTE TRANSVERSAL DE TECHOS
5.5	SISTEMA "BENO" PLACAS DE CERÁMICA ARMADA	CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA, CÓRDOBA, ARGENTINA	SECUENCIA DEL MONTAJE DE ESQUINAS; DE TRAMOS DE PLACAS Y DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE VENTANAS.
5.7	MÓDULOS AUTOPORTANTES DE CERÁMICA ARMADA PARA TECHOS	CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA, CÓRDOBA, ARGENTINA	"MÓDULO BATEA T" DE TECHOS: MOLDE DEL ENCOFRADO, ARMADURAS, DETALLES DE LA "BATEA" EN CUMBRERA Y DEL ENCUENTRO DE LA "BATEA" CON LA VIGA DE ENCADENADO SUPERIOR.
5.7	MÓDULO BATEA PARA ENTREPISO	CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA, CÓRDOBA, ARGENTINA	"MÓDULO BATEA T" PARA ENTREPISO: CORTE LONGITUDINAL DE ENTREPISO "BATEA" Y CORTE TRANSVERSAL DE ENTREPISO "BATEA"
6.5	SISTEMA DE CUBIERTAS DE ARGAMASA ARMADA: ELEMENTOS AUTOPORTANTES PARA TECHOS	ESCUELA DE INGENIERÍA DE SÃO CARLOS, BRASIL.	FABRICACIÓN DE ELEMENTOS Y TRASLADO DE LOS MISMOS. RASGOS TECNOLÓGICOS Y SOCIOPRODUCTIVOS
6.5	SISTEMA DE CUBIERTAS DE ARGAMASA ARMADA: ELEMENTOS AUTOPORTANTES PARA TECHOS	ESCUELA DE INGENIERÍA DE SÃO CARLOS, BRASIL.	DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA: COMPONENTES DEL SISTEMA Y DETALLES CONSTRUCTIVOS
6.5	SISTEMA DE CUBIERTAS DE ARGAMASA ARMADA: ELEMENTOS AUTOPORTANTES PARA TECHOS	ESCUELA DE INGENIERÍA DE SÃO CARLOS, BRASIL.	SECUENCIA DE PRODUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE ARGAMASA ARMADA
6.6	SISTEMAS FERROCEMENTO (F.C.2)	CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA, CÓRDOBA, ARGENTINA	PROCESO CONSTRUCTIVO Y MONTAJE DE LOS COMPONENTES

FICHA 1: DESCRIPCIÓN GENERAL

RASGOS TECNOLÓGICOS

La Quincha Prefabricada es un sistema constructivo que utiliza paneles prefabricados, formados por bastidores de madera aserrada, rellenos con bambusas (carrizo redondo, caña brava o tiras de bambú), trenzadas en el bastidor.

Los paneles se montan y fijan en los sobrecimientos y así forman los muros de la vivienda.

Son revocados con barro mezclado con paja en una primera etapa; finalmente, reciben una última capa, que puede ser de barro, cemento, yeso o una mezcla de estos materiales.

El techo, apoyado en la viga solera, debe ser liviano, con estructura de madera, cobertura de caña y torta de barro con paja, y teja de micro-concreto o similar.



RASGOS SOCIOPRODUCTIVOS

El sistema de Quincha Prefabricada, resultado del mejoramiento y la racionalización de la quincha tradicional peruana, es una propuesta alternativa para viviendas de bajo costo, ubicadas en lugares donde abundan la madera y las bambusas.

Por su poco peso, es ventajoso para zonas de riesgo sísmico.

La simplicidad de los procesos de fabricación de los paneles, su montaje y las operaciones complementarias para construir la vivienda facilitan el aprendizaje a los autoconstructores, inclusive a las mujeres.

El uso de este sistema en la construcción de viviendas puede generar un mercado de trabajo, a través de microtalleres u otras formas de asociación para fabricar paneles o construir.

La capacitación es sencilla, dada la simplicidad del diseño de los paneles sobre la base a bastidores y trenzado, operaciones ambas fáciles de ejecutar.

El proceso de fabricación considera etapas diferenciadas que permiten el avance simultáneo de varias tareas.

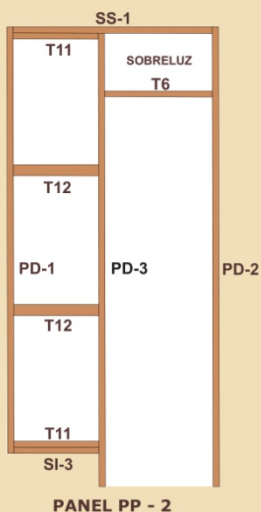
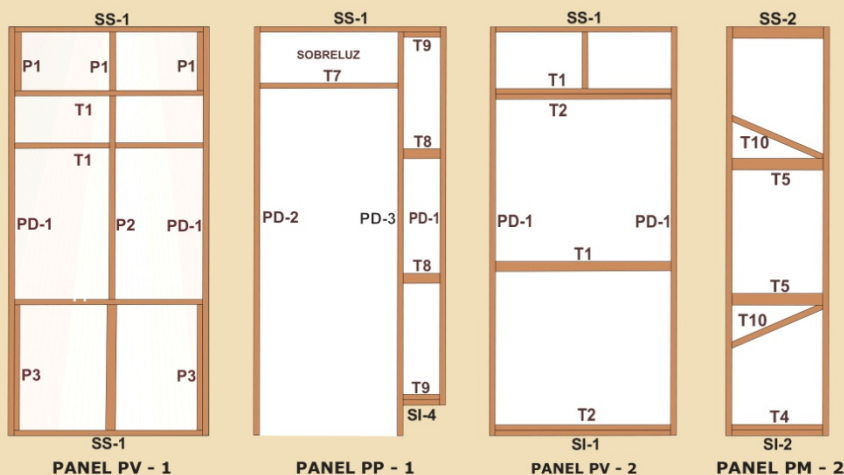
Este aprendizaje puede ser una alternativa de trabajo para los usuarios



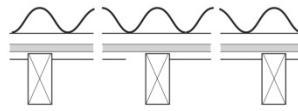
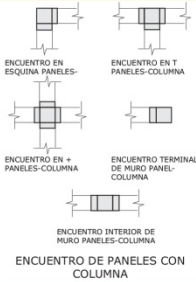
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL COMPONENTE

Ancho	Altura m	Esp. m	Cañas unidades
1,20 0,60	2,40	0,065	37

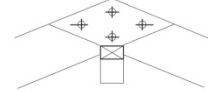
FICHA 2: PANELES TÍPICOS DE QUINCHA



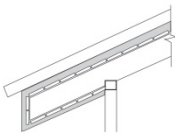
DETALLES CONSTRUCTIVOS



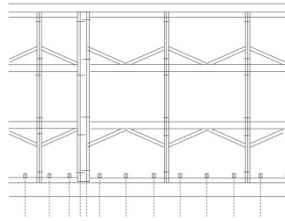
**CORTE LONGITUDINAL DEL
TECHADO**



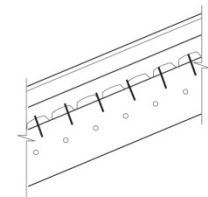
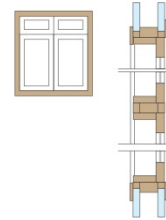
**UNIÓN DE DOS VIGUETAS
INTERIORES DE TECHO EN LA
CUMBRE**



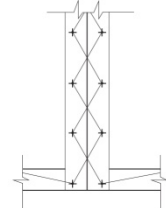
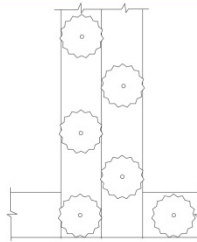
**CORTE EN VIGUETA PARA SU
APOYO EN VIGA SOLERA**



**FIJACIÓN PANELES ENTRE SÍ; A COLUMNAS; A CIMENTACIÓN
Y A VIGA SOLERA**



**CORTE TRANSVERSAL DEL
TECHADO**





MONTAJE DE ESQUINAS

A FUNDACIÓN POR PLATEA

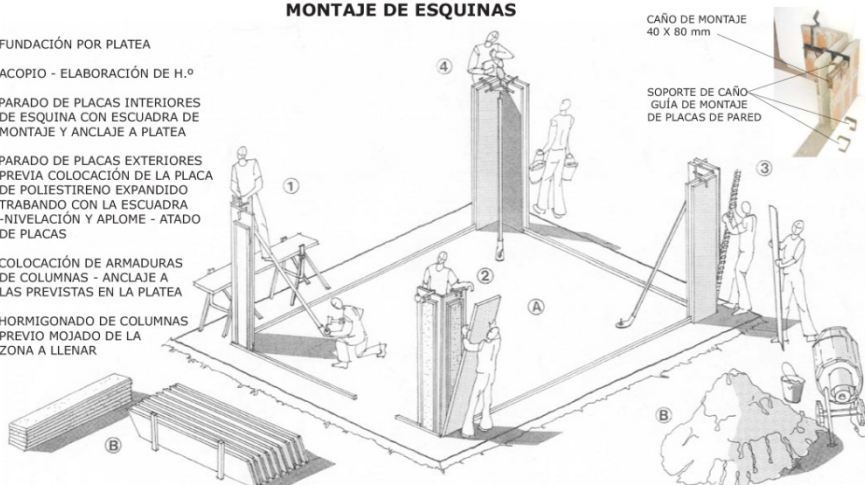
B ACOPIO - ELABORACIÓN DE H.º

1 PARADO DE PLACAS INTERIORES DE ESQUINA CON ESCUADRA DE MONTAJE Y ANCLAJE A PLATEA

2 PARADO DE PLACAS EXTERIORES PREVIA COLOCACIÓN DE LA PLACA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO TRABANDO CON LA ESCUADRA -NIVELACIÓN Y APLOME - ATADO DE PLACAS

3 COLOCACIÓN DE ARMADURAS DE COLUMNAS - ANCLAJE A LAS PREVISTAS EN LA PLATEA

4 HORMIGONADO DE COLUMNAS PREVIO MOJADO DE LA ZONA A LLENAR



MONTAJE DE TRAMOS PLACAS Y VENTANAS

A FUNDACIÓN POR PLATEA DE H.º

B ACOPIOS - ELABORACIÓN DE H.º

C MODO CORRECTO DE TRANSPORTAR PLACAS

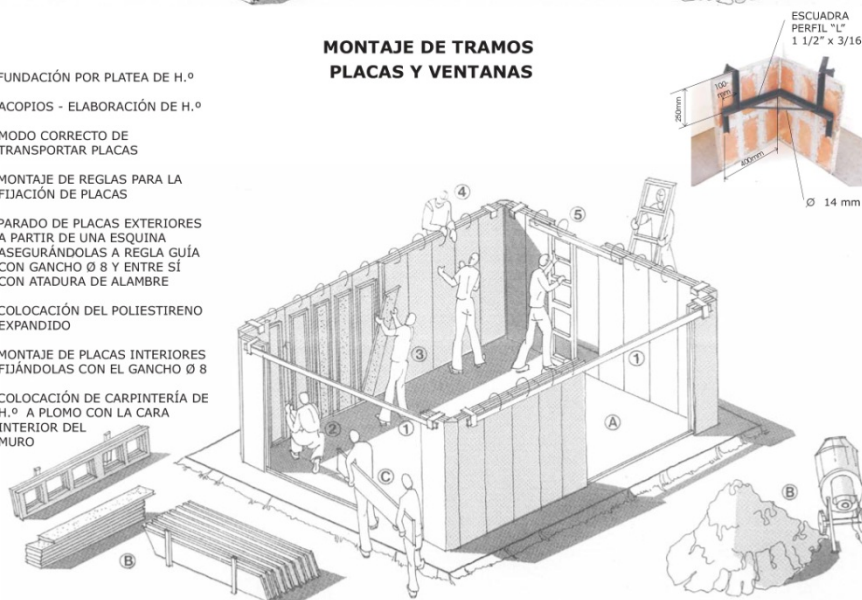
1 MONTAJE DE REGLAS PARA LA FIJACIÓN DE PLACAS

2 PARADO DE PLACAS EXTERIORES A PARTIR DE UNA ESQUINA ASEGURÁNDOLAS A REGLA GUÍA CON GANCHO Ø 8 Y ENTRE SÍ CON ATADURA DE ALAMBRE

3 COLOCACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

4 MONTAJE DE PLACAS INTERIORES FIJÁNDOLAS CON EL GANCHO Ø 8

5 COLOCACIÓN DE CARPINTERÍA DE H.º A PLOMO CON LA CARA INTERIOR DEL MURO

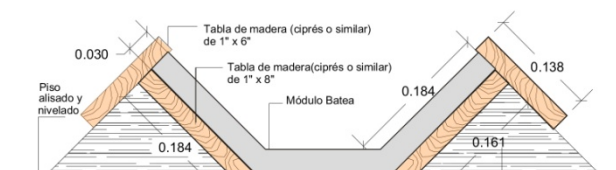




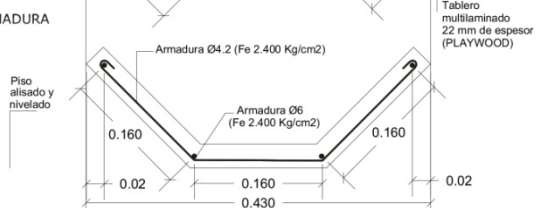
MÓDULO BATEA DE TECHO

MOLDE/ENCOFRADO

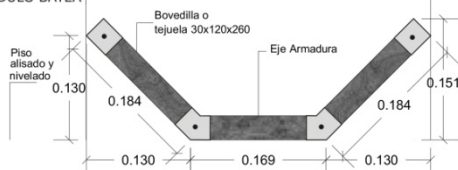
1"=0,023 m



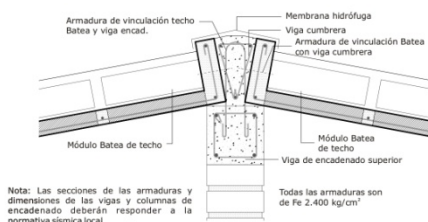
ARMADURA



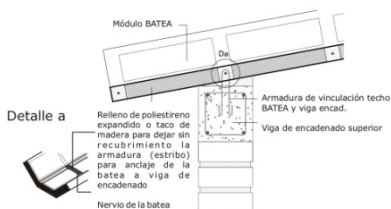
MÓDULO BATEA



DETALLE DEL ENCUENTRO DEL TECHO BATEA EN CUMBRERA

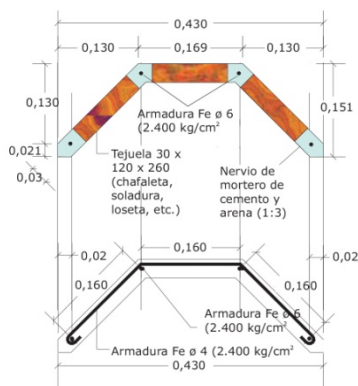


DETALLE DEL ENCUENTRO DEL TECHO BATEA CON VIGA ENCADENADO SUPERIOR

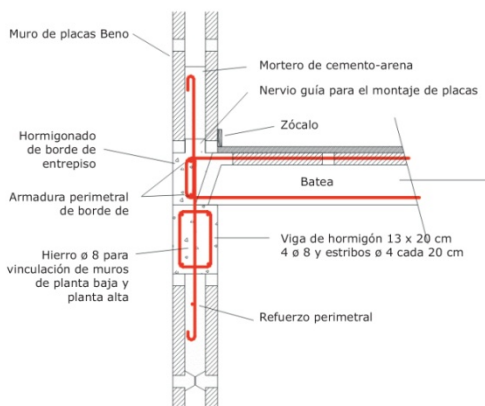




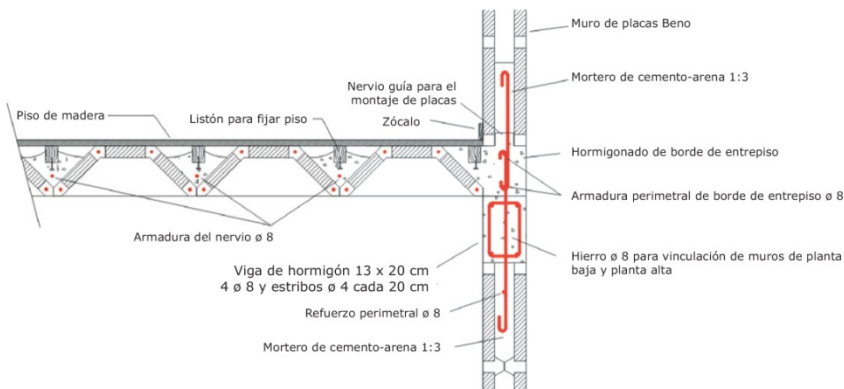
MÓDULO BATEA PARA ENTREPISO



Nota: La sección y la tensión admisible de los hierros deberán responder a la normativa antisísmica local.



CORTE LONGITUDINAL DE ENTREPISO BATEA



Nota: Las dimensiones de vigas y columnas y las secciones de hierros respectivos deberán verificarse con las exigidas por la normativa antisísmica local.

CORTE TRANSVERSAL DE ENTREPISO BATEA



FABRICACIÓN DEL ELEMENTO Y TRASLADO DEL MISMO

RASGOS TECNOLÓGICOS

- O elemento de Argamassa Armada é uma peça pré-fabricada autoportante para montagem em seco.
- Os mesmos respondem às funções Estrutural e Hidrófuga.
- Podem agregar-se as funções Térmicas e Acústicas, segundo os requisitos de uso, favorecendo a instalação do forro (cielo raso) e das redes elétrica e hidráulica.
- Para sua fabricação se empregam moldes simples, realizados em chapa metálica, os quais são recuperados para um novo uso a cada 24 horas.
- Os equipamentos e materiais utilizados são de uso corrente na construção (cimento Portland, areia, tela e fios de aço, espaçadores plásticos, e aditivos fluidificantes), empregados em processos de produção industrializada, sob controle.

RASGOS SOCIOPRODUCTIVOS

- Consiste em uma tecnologia especialmente apta para a produção em larga escala (industrialização), permitindo que a montagem dos elementos possa ser executada pelos próprios usuários da habitação, face ao peso próprio dos maiores elementos não exceder aos 120 kg.
- O nível de capacitação exigido aos trabalhadores não é alto, sendo o processo de produção facilitado pelos moldes, dispositivos e equipamentos empregados, os quais garantem a geometria constante das peças e as espessuras do cobrimento mínimo exigido para a proteção das armaduras metálicas (tela eletrosoldada e fios de aço).
- O processo de produção envolve etapas diferenciadas que permitem a participação simultânea dos trabalhadores (usuários) sem gerar interferências na etapa de fabricação dos elementos.
- Esta aprendizagem para a produção de componentes industrializados permite aos trabalhadores envolvidos a construção de suas habitações, capacitando-os para o mercado de trabalho na construção civil, favorecendo a formação de recursos humanos para o setor.

EJEMPLOS FOTOGRÁFICOS



CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL COMPONENTE AUTOPORTANTE

Long. m	Ancho m	Altura m	Espes. mm	Espaça- do- res Un.	Armaduras		Cem. kg	Arena kg	Horas/ Hombre
					D=3,4mm	Tela aço			
4,50	0,50	0,18	13	26	27,0 m ¹	3,5 m ²	35	70	2

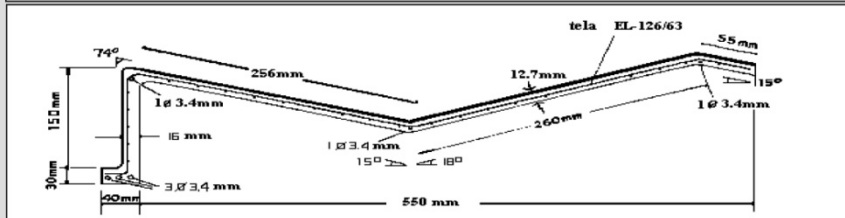
Peso: 120,00 kg

Superficie: 2,2 m²



DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

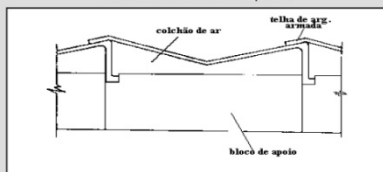
DIMENSIONES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA



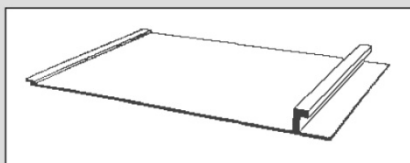
Seção transversal do elemento de cobertura com a disposição das armaduras de tela e fios suplementares.

COMPONENTES DEL SISTEMA

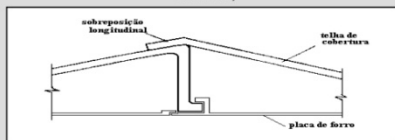
Detalhe: Telhas (elementos) de cobertura assentados sobre os apoios



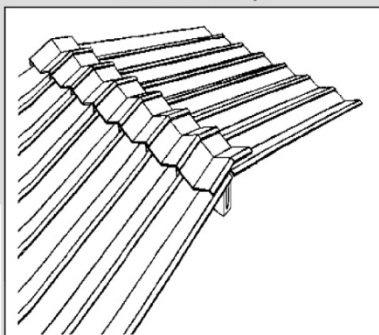
Placa de ferro, acoplável à telha da cobertura



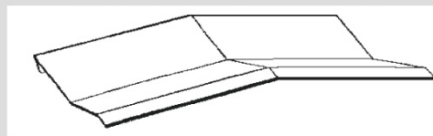
Sistema cobertura-forro (detalhe do encaixe telha-placa de ferro)



Posicionamento da cumeeira, notando-se as aberturas de ventilação



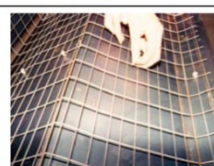
Peça para constituição da cumeeira ventilada.





SECUENCIA DE PRODUCCIÓN Y MONTAJE

PRODUCCIÓN



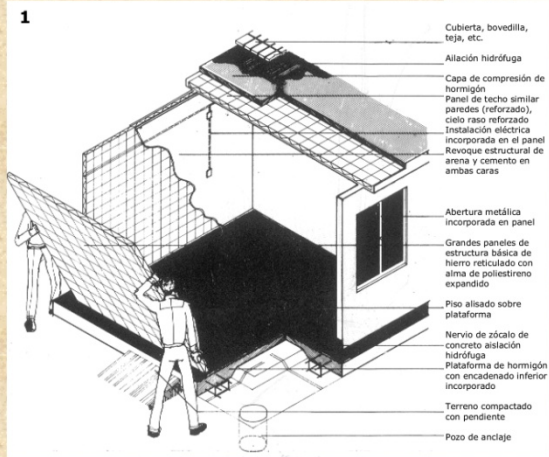
MONTAJE



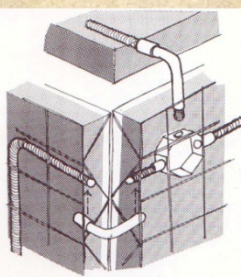
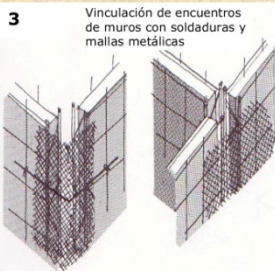


PROCESO CONSTRUCTIVO – MONTAJE DE LOS COMPONENTES

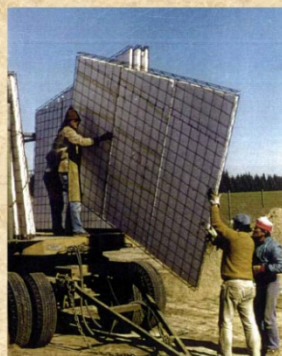
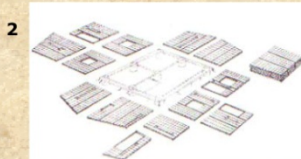
SÍNTESIS DEL PROCESO DE MONTAJE



1. Síntesis de los pasos del proceso constructivo de cimientos, muros y techos de ferrocemento (FC2)
2. Detalles del proceso de montaje de muros
3. Forma de vinculaciones de la panelería con bandas o solapas de metal desplegado en las uniones verticales de las paredes para eliminar los riesgos de figuración. Los paneles salen de taller con la instalación eléctrica incluida, que luego se completa en el montaje.



PASOS DEL PROCESO



6.11

POR UNA ENSEÑANZA DE “ARQUITECTURA PARA LA HUMANIDAD”

Dedicado el autor de este trabajo durante más de cuatro lustros, a la enseñanza de postgrado para la preparación de profesionales españoles, latinoamericanos y africanos en “Cooperación para el Desarrollo en Habitabilidad Básica en Asentamientos Precarios”, no ha podido despejar las múltiples dudas personales y del ICHAB como institución sobre cómo enfocar la enseñanza en estas circunstancias. Lo que sí puedo asegurar es de que estoy convencido, de que no debe ser con la misma metodología que aplicamos en la ETSA de Madrid.

Es por ello, que cuando este libro se acerca a su final, me ha parecido que debía ocuparme del tema de la docencia, más como inquietudes que como aseveraciones.

La arquitectura dominante, la que se enseña en escuelas y facultades, se conforma a partir de fenómenos observados en países “desarrollados” que cuantitativamente constituyen el “caso particular”, por lo que resulta intrínsecamente inaplicable al “caso general”. Si realmente lo que se pretende es paliar necesidades fundamentales de la humanidad, que son preponderantes en los países “subdesarrollados”, el axioma anterior sintetiza el alegato que sigue en pro de una enseñanza diferenciada y de la necesidad de generar y difundir conocimientos desde el “caso general” para las necesidades globales. No es plausible la consecución de principios y leyes aplicables para todos y en todo lugar, por no ser legítimo construir una teoría general sobre casos particulares.

Se parte de una premisa, que por obvia, no necesita defensa: son muchos más los ciudadanos en los países catalogados como subdesarrollados que en los desarrollados. Son más los que ni se benefician ni gozan de la arquitectura, que los que habitan viviendas en las que han intervenido —aún en la forma más elemental imaginable— profesionales de la arquitectura. Naciones Unidas para el Hábitat nos recuerda que

Hoy, por cada habitante del mundo desarrollado que vive en ciudades, dos lo hacen en ciudades del Tercer Mundo, y para el año 2030 esta proporción se duplicará, será de cuatro a uno.

Que la arquitectura dominante se gesta y pretende dar respuestas al “caso particular”, no cabe duda. También el urbanismo, la construcción, los materiales, las instalaciones, las estructuras,... conforman sus propuestas desde el “caso particular”. Que estas no se aplican al “caso general”, puede palpase en la realidad formal y espacial de las periferias y barrios marginales

del Tercer Mundo, que cobijan a más de la mitad de la humanidad. Por ello, gran parte de los profesionales de la arquitectura no se reconocen en este tipo de soluciones habitacionales. Las califican de “indignas” para dejar claro que no son resultado de “su” profesión y ven en ellas la razón del “problema” en lugar de las semillas de la “solución”.

¿Imaginan como materia académica unos “Principios de Astronomía” que únicamente tratasen de la Tierra o incluso sólo del sistema solar? La evidencia material y espacial invalida extrapolar del “caso particular” al “caso general”. Ocurre al enseñar economía, ingeniería, medicina, agricultura... y no son legión los profesionales verdaderamente conscientes de las barreras que el origen occidental —desarrollado— impone a su ciencia, técnica o profesión.

Jorge Hardoy, en su trabajo “Repensando la Ciudad del Tercer Mundo” afirmaba que:

A pesar de que en la actualidad el mundo cuenta con más profesionales arquitectos, planificadores e ingenieros capacitados para trabajar en áreas urbanas que nunca antes en la historia, esos profesionales tienen poca o ninguna repercusión en el mejoramiento de las condiciones de los grupos de menores ingresos.

Esos profesionales y los colegios o sus asociaciones que los representan – también en el Tercer Mundo, lo que aún es más preocupante– se muestran renuentes a enfrentarse a sus nuevos roles. Existen tareas fundamentales, que asumen en parte los nuevos profesionales en el sector informal, en instituciones de la sociedad civil organizada o de cooperación para el desarrollo, consistentes en asesorar y trabajar con grupos comunitarios, que el sector formal termina reconociendo como actores importantes de dinamización de la construcción y el desarrollo de la ciudad. (HARDOY J., 1996)

Por otra parte, los gobiernos locales requieren con insistencia administradores y planificadores urbanos con capacidad para trabajar y negociar con la sociedad organizada, comprometidos en “la construcción de abajo hacia arriba”. Ellos tienen constancia de lo mucho que, en Latinoamérica, han realizado en las últimas décadas los profesionales involucrados en las organizaciones sociales: han diseñado viviendas, caminos, calles y áreas de juego; han instalado agua potable, energía eléctrica y alcantarillado; han revitalizado barrios; han hecho frente a emergencias por terremotos, inundaciones, ciclones...; han dado respuestas durante graves crisis económicas y conflictos armados; han impartido cursos y proporcionado formación profesional; han formulado propuestas y estudios de desarrollo; han ofrecido habitabilidad básica a los invasores de terrenos; han apoyado el tejido productivo barrial; han planteado y difundido los problemas, también las soluciones factibles para la ciudad; han creado espacios de diálogo y negociación con las administraciones públicas; han diseñado y ejecutado proyectos sociales con financiación nacional, internacional y multilateral... (RODRIGUEZ A., 2007).

De la toma de conciencia de la situación que se comenta, a llegar a actuar en consecuencia, hasta sumergirse en un proceso de “desaprendizaje de la profesión”, en el que se afanó John F. Turner al encontrarse de frente con la

realidad de las invasiones de tierras por autoconstructores peruanos en la década de los sesenta, media un largo trecho rico en matices. Pese a la radicalidad de las propuestas de Turner, nos sigue pareciendo recomendable en este contexto la lectura de su obra, aunque nos encontremos aún más cerca de Víctor Pelli cuando afirma que:

(...) si bien puede ser discutible si es o no Arquitectura lo que se construye y lo que se hace para resolver la pobreza habitacional, de lo que no hay duda, es de que en este trabajo —en el caso general— hacen falta arquitectos.

Arquitectos que trabajen para paliar las necesidades más perentorias que hemos sintetizado como Habitabilidad Básica, capaz de colmar las carencias esenciales de cobijo que tenemos todas las personas, lo que constituye el eje vertebrador de la formación que impartimos en la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Si el lector ha llegado hasta aquí, perdonará el silencio sobre nuestra fuente inspiradora. Leyendo a Dudley Seers, director del Instituto de Estudios para el Desarrollo de Sussex, Inglaterra, nos impactó su trabajo “The Limitations of the Special Case” (1963) en el que afirma:

(...) la economía dominante, la que se enseña en las universidades, se construye a partir de fenómenos observados en los países “desarrollados” (los que constituyen precisamente el “caso particular”) por lo que en consecuencia, es inaplicable al caso general, el de los países “subdesarrollados”.

La crítica de Seers ponía en cuestión demasiadas cosas para ser atendidas todas, pese a que lo que implícitamente proponía hace cuatro décadas, no era otra cosa que darle carta de naturaleza a una nueva disciplina: la “economía del desarrollo”. (SEERS D., 1967 Y 1975).

Formación en Habitabilidad Básica para impulsar el desarrollo humano

Antes de apuntar algunas sugerencias concretas sobre el tema que se presenta, ha parecido pertinente acotar algunos aspectos de la enseñanza de lo que el autor conoce como Habitabilidad Básica, que se presentará como conjunto de conocimientos para tratar de paliar las abultadas necesidades de hábitat que padece gran parte de la humanidad. Se enfoca la enseñanza de la HaB como herramienta para el desarrollo humano, especialmente pensada y destinada a países *en desarrollo*, por lo que ha parecido pertinente realizar un esfuerzo de síntesis en dos aspectos fundamentales, especialmente necesarios para este trabajo:

A. Qué tipo de “desarrollo” se pretende conseguir;

Como ya hemos apuntado, Dudley Seers escribió “The Limitations of the Special Case” («Las limitantes del caso especial»), un documento que marcó el inicio de los estudios sobre el desarrollo a nivel profesional. En dicha publicación, Seers afirmó que la mayor parte de las políticas económicas se basaban en la experiencia de un pequeño número de países

ricos, los cuales, en términos generales, constituían un caso *especial* no representativo. (SEERS, D., 1967).

Seers identificó veinte características de dicho caso *especial*, ligadas a factores de producción, sectores de la economía, hacienda, comercio exterior, hogares, ahorro e inversión, e influencias dinámicas. Su conclusión más poderosa fue que en el resto del mundo, al que nominó como “caso *general*”, es decir, en los países en desarrollo, dichas condiciones no están presentes. Seers concretó:

Por tanto, lo que hay que preguntar acerca del desarrollo de un país es: ¿qué ha sucedido con la pobreza?, ¿y con el desempleo?, ¿y con la desigualdad? Si los tres alcanzaban antes niveles elevados y ahora han disminuido, podemos afirmar, sin lugar a dudas, que ha habido un proceso de desarrollo en el país en cuestión. Pero si uno o dos de estos problemas fundamentales ha empeorado, y sobre todo si han sido los tres, no podemos llamar a ese proceso “desarrollo”, aunque la renta per cápita se haya multiplicado por dos.

El indicador por excelencia del desarrollo hasta finales de los setenta fue el ingreso por habitante y se consideraba que existía un solo camino al desarrollo: el modelo era Estados Unidos. Estas ideas se convirtieron en las dominantes a la hora de hablar del desarrollo de cualquier país. En la década de los ochenta se cuestionó la anterior concepción del desarrollo. Se formuló con claridad la crítica a un concepto de desarrollo reducido al crecimiento económico. De cara al desarrollo humano, también en el ámbito de la habitabilidad, nos parece una excelente recomendación la de Seers: si queremos saber si un país se ha desarrollado debemos preguntarnos qué ha pasado: con la pobreza, el desempleo y la desigualdad.

La década de los ochenta e inicios de los noventa fueron los tiempos de los programas de estabilización y de los ajustes económicos. Estos procesos de ajuste agravaron los problemas de la pobreza, la desigualdad, la exclusión social y el deterioro ambiental, prácticamente en todos los países subdesarrollados. En la década de los noventa, se consolidó un nuevo concepto de desarrollo, el denominado “*desarrollo humano sostenible*”. Se fundamentó que el desarrollo significa crecimiento equitativo en armonía con la naturaleza. El crecimiento se refiere a términos nominales económicos que crecen o decrecen, el desarrollo económico, es un concepto más amplio, en donde el bienestar y las consideraciones naturales tienen un papel más fundamental.

El crecimiento económico es una de las metas de toda sociedad e implica un incremento notable de los ingresos y de la forma de vida de todos los individuos de una sociedad. Existen muchas maneras o puntos de vista para medir el crecimiento, se podrían tomar como ejes de medición —como ya se ha apuntado— la inversión, las tasas de interés, el nivel de consumo, las políticas gubernamentales, o las políticas de fomento al ahorro; todas estas variables son herramientas que se utilizan para medir el crecimiento. Y este crecimiento, requiere de una medición correctora para establecer que tan lejos o tan cerca estamos del desarrollo. El Índice de Desarrollo Humano

(IDH) y las consiguientes tablas anuales editadas por el PNUD, (Ver Tabla 1.7 del Capítulo 1), son la plasmación práctica de estas matizaciones pertinentes del desarrollo en las que se introducen factores económicos junto a ratios de salud y cultura.

B. Qué “enseñanza” se estima pertinente para propiciar “desarrollo humano”;

Siguiendo la anterior cita de Seers, nos atrevemos a su utilización adaptándola al campo de la enseñanza en general y de la arquitectura, el planeamiento urbano y la habitabilidad básica en particular. La arquitectura dominante, la que se enseña en escuelas y facultades del llamado Primer Mundo, se conforma a partir de fenómenos observados en países “desarrollados” que cuantitativamente, como ya se ha dicho, constituyen el “*caso particular*”, por lo que resulta intrínsecamente inaplicable al “*caso general*”, si realmente lo que se pretende es paliar necesidades fundamentales de la humanidad en materia de hábitat preponderantes en los “*países en desarrollo*”.

El axioma anterior sintetiza el alegato que sigue en pro de una enseñanza diferenciada y de la necesidad de generar y difundir conocimientos desde el “*caso general*” para las necesidades globales. No es plausible la consecución de principios y leyes aplicables para todos y en todo lugar, por no ser legítimo construir una teoría general sobre casos particulares. Esta propuesta parte de una premisa, que ya hemos mencionado y que no necesita defensa: son muchos más los ciudadanos en los países subdesarrollados que en los desarrollados. Son más los ciudadanos que no se benefician de la arquitectura, que los que habitan viviendas en las que han intervenido profesionales de la arquitectura.

Se propone aceptar en el contexto del presente trabajo como *caso particular*⁸⁴, la parte de la humanidad conformada por los mil millones de ciudadanos más ricos del mundo, que puede estimarse habitan en los treinta países con mayor IDH, según la clasificación del PNUD de 2011, serían los países comprendidos entre Noruega (posición 1) y los Emiratos Árabes Unidos (posición 30). (Ver Tabla 1.7).

Algunos escollos de la enseñanza para la humanidad

El tema que se aborda es complejo y diverso. Son muchos los escollos que habría que superar para el diseño de una enseñanza de la arquitectura para la humanidad y el desarrollo. Nos permitiremos apuntar de forma muy esquemática y simplificada algunos posibles:

A. ¿Estudiantes del Sur en universidades del Norte? (FISSETTE J., 2005);

Ante este primer dilema, que atañe a una minoritaria proporción de estudiantes del Sur que se acercan a las ofertas de Universidades del Norte en busca de formación, —no siempre preocupados por obtener

84 Por “caso general” entenderemos, con idéntica lógica, el que abarca o incluye a la mayoría de los seres humanos, del orden de 3.500 millones, entre los que sin duda se encuentran los comprendidos entre el numeral 100 Fidji y el 187 República Democrática del Congo que se marcan en la Tabla 1.7.

respuestas a problemas de *las mayorías* de sus países de origen—, no se pretende la exclusión de candidatos que, conscientemente, buscan formarse en cursos del Norte, en los que se da por sentado el carácter universal de los conocimientos teóricos y prácticos que enseñan en sus centros de especialización. Tampoco se propugna una exclusión de los docentes convencidos del *carácter exportable* de sus soluciones para los problemas del Sur, en el contexto específico que se plantea este trabajo: *las ciudades, los asentamientos populares del Sur, las carencias de Habitabilidad Básica*.

Hace algunas décadas, algunos formadores y expertos de grandes agencias de cooperación tomaron conciencia de la especificidad de los problemas de los países en desarrollo cuestionando la pertinencia de sus propios programas, tanto en sus contenidos teóricos como en sus aspectos prácticos, de cara a los retos específicos del Sur. Conscientes del problema, las agencias internacionales tendieron a favorecer la puesta en marcha de relaciones de cooperación interinstitucionales entre universidades del Sur y del Norte, creando programas “nacionales en el Sur con docentes del Norte”, a modo de solución intermedia.

Qadeer, profesor egipcio educado en universidades del Norte (QADEER M., 1989), subraya refiriéndose a sus docentes, que encontró en su período de formación dos tipos de actitudes: una de *lejanía* por ignorancia de algunos formadores, otra, *paternalista*, de los que consideraban a priori que los planificadores de las ciudades de los países en desarrollo están mal formados y que, para resolver los problemas urbanos del Sur, no había más que aprender y aplicar las técnicas de planificación del Norte. Luego, años más tarde, afirma Qadeer, cuando estos profesores se iniciaban en el conocimiento no académico: de la vigencia masiva de “las tomas de tierras”; de la potencia del sector informal; de las escasas posibilidades de más de 3.000 millones de ciudadanos para entrar en el mercado formal de viviendas; de las potencialidades de la participación ciudadana... entonces, la arrogancia de algunos de estos profesores cedía el paso a una cierta angustia.

La formación adquirida en las universidades del Norte por los estudiantes de países en desarrollo, es a menudo cuestionada por cierta opinión pública porque un número importante de estos estudiantes decide no regresar a sus países de origen, instalándose definitivamente en el Norte. Esta estrategia individual de abandono, ante las previsibles dificultades de éxito profesional en el Sur, tiene efectos negativos a largo plazo sobre las capacidades institucionales de los países de origen, que se ven privados de recursos humanos con buena formación. En estas circunstancias, las bolsas de estudios y los programas de formación ofrecidos por las agencias de cooperación y las instituciones universitarias del Norte no logran su objetivo fundamental: que en no pocos casos pretende fortalecer las capacidades institucionales de los países en desarrollo, también en el ámbito específico que nos ocupa: arquitectura, planificación urbana y/o en Habitabilidad Básica.

Hoy, los violentos cambios que se están dando en España, sólo mencionaremos tres que atañen directamente al objetivo de este Apartado:

la práctica desaparición de España como país donante de cooperación para el desarrollo (en el año 2013 pasamos a la posición que detentábamos en 1996); el paro de casi un 50% de los 52.000 arquitectos españoles y la emigración de profesionales españoles al Norte del continente, junto con la corriente creciente de empresas españolas a países “en vías de desarrollo”, puede que influyan positivamente en el cambio de la visión de estos temas desde la Universidad y modere cierta “prepotencia” de algunos profesores y colegios profesionales.

B. ¿Enfoques *dualistas* versus *universalistas* en la enseñanza para afrontar los problemas de la humanidad? (OKPALA D.C., 1987);

Este debate se inició en los años setenta del pasado siglo en Estados Unidos, Canadá y en algunos países de la Unión Europea, poniendo en cuestión dos concepciones, de algún modo antagónicas para la formación de graduados en general, también de arquitectos, urbanistas o constructores, con vistas a los profesionales del Sur. El debate sigue abierto. Una de las líneas de pensamiento defiende una aproximación *universalista*, otra, una enseñanza *dualista*. Los *universalistas* —si se nos permite esta nomenclatura— insisten en determinantes estructurales de crecimiento y de desarrollo urbano, así como, sobre las nuevas oportunidades que genera hoy la globalización de las economías.

La escuela *dualista* hace valer la especificidad de la historia urbana de los países en desarrollo y de los problemas específicos actuales de las ciudades del Sur. Recomendando desarrollar herramientas de planificación particulares y específicas, rompiendo con los valores y las prácticas del Norte, como la mejor respuesta a las particularidades económicas, sociales y culturales de las ciudades del Sur. En su opinión, la formación de los futuros planificadores del Sur no puede enfocarse correctamente prescindiendo de sus condiciones particulares. En esta línea están, y son cada vez más, profesionales del Norte impartiendo docencia en el Sur, y algunos núcleos en ciertas universidades, Lund (Suecia), el DPU de la Universidad de Londres, Lovaina...

Aún asumiendo los serios riesgos de cualquier tipo de hipersimplificación, en el ámbito que se está tratando, no nos parecen igualmente evaluables en el supuesto hipotético de postulantes de un mismo país de muy bajo desarrollo, igualdad de oportunidades ante la financiación de estudios de doctorados, másteres o cursos de especialización⁸⁵. Tampoco nos decantaríamos por calificar de igualmente puntuables —ante idéntica calidad curricular— a dos hipotéticos candidatos: uno, profesional en ejercicio libre del oficio, frente a otro, del mismo país, trabajando en programas de viviendas sociales promovidas por el estado.

El autor —aunque con serias dudas— valora positivamente, después de cuatro lustros de práctica, una docencia que propugne un mestizaje

85 Permítasenos en pro de la claridad, mencionar dos títulos a modo de ejemplos. De una parte: “La Influencia del Movimiento Moderno en la arquitectura actual Centroeuropea,” de otra, propuestas del siguiente tenor: “Políticas y realizaciones de viviendas sociales de Portugal entre 1960 y 2010 ante un futuro plan de Vivienda social en Angola”.

equilibrado entre participantes del Norte y del Sur, así como entre profesores *universalistas* y *dualistas* para compartir e intercambiar experiencias. Esta visión renovada de *universalismo* y *dualismo* resulta rica en sugerencias, aunque exige a los investigadores y docentes del Norte flexibilidad mental, respeto hacia los conocimientos y las prácticas del Sur, así como, autocrítica para no caer en actitudes redentoristas del tipo: "...tenemos la solución en nuestro Curso, disponemos de las mejores respuestas para sus problemas".

C. ¿Podrían imputarse algunos problemas de las ciudades del Sur a la formación adquirida en el Norte? (QADEER M., 1989);

Estimamos, que como mínimo, los educadores deberíamos prestar atención a los problemas que pueden haber causado y/o que causan la formación adquirida en el "Norte" en la práctica de la arquitectura y/o planeamiento urbano, en las actuales ciudades del "Sur". Okplana, apunta que durante los años 60 / 70, en el momento de la independencia de un buen número de países africanos, estos arquitectos y planificadores reproducían en casa modelos occidentales de planificación urbana y edificación, arrastrando a sus países a proyectos costosos que nada tenían que ver con la capacidad de pago de sus habitantes. Algunos dirigentes de países en desarrollo, ansiosos de modernizar la ciudad, han destruido viejos barrios y han decretado normas y estándares de construcción aplicados en los países del Norte pero alejados de la realidad cotidiana de las "mayorías".

No hay nada extraño en esto, por parte de los planificadores, que han aprendido en las universidades del Norte y que olvidan que entre el 80% y el 90% de los ciudadanos de países en desarrollo habitan viviendas sin título de propiedad, y que esto significa, por una especie de fatalidad, que esas poblaciones viven por debajo de las condiciones admisibles de salubridad,... Realidades difíciles de imaginar desde el punto de vista de los países desarrollados. (OKPALA, 1986).

Lo que los planificadores del desarrollo de inspiración presuntamente modernizadora hacen y pretenden hacer en las ciudades en desarrollo, es redefinir la vida social y económica de acuerdo con un criterio de racionalidad y de eficacia que procede de la historia de las sociedades industriales de los países del Norte. Para resultar duradero, este criterio de racionalidad debe buscar un respaldo institucional donde enraizarse, que no fue posible hasta finales de los años ochenta.

Como reacción ante los fracasos constatados de los modelos modernistas para dar respuesta eficaz a las realidades de la urbanización en los países en desarrollo,

(...) los dualistas defendieron a partir de los años 70 una visión alternativa que preconiza un acercamiento a las necesidades y a los valores expresados por las bases. Esta aproximación es favorable a contenidos específicos de formación dirigidos a los planificadores de los países en vías de desarrollo, basándose en conocimientos empíricos de las

condiciones de intervención en estos países. (QADEER, 1986)

Muchas universidades, animadas por las agencias internacionales, iniciaron programas especializados en desarrollo internacional que reservaban un lugar importante a los problemas de la pobreza, al paro urbano, los sistemas nacionales de planificación del desarrollo y a los procesos de elaboración de políticas urbanas nacionales.

Algunas reflexiones finales

De forma muy concisa se exponen seguidamente seis reflexiones en apoyo de la importancia de la **Formación en Habitabilidad Básica para impulsar el desarrollo humano en materia de hábitat**.

1. La universalidad de los contenidos de la Habitabilidad Básica pueden condensarse en dos artículos de las Declaraciones Universales de los Derechos Humanos:

- La Declaración Universal de Derechos Humanos, (Asamblea General de Naciones de 10.12.1948) en su Artículo 25 proclama:

Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda,...

- Recientemente, 2011, se ha proclamado, el

(...) derecho de todos al agua y al saneamiento.

2. A otro nivel, sin duda más doméstico, entre los principios constituyentes del ICHaB y de la Cátedra UNESCO en HaB de la UPM, se apunta que

(...) sin Habitabilidad Básica no hay desarrollo humano posible, sin HaB se puede ser sobreviviente, pero difícilmente ciudadano de pleno derecho.

3. La formación como gran prioridad para la consecución del “desarrollo humano” lleva al autor a reivindicar la importancia de la enseñanza universitaria en las capacidades más elementales en el ámbito de la arquitectura y/o planeamiento urbano: la Habitabilidad Básica. Enseñanza en la que se intuyen pueden ser pertinentes varios niveles, según el desarrollo de los diferentes países:

- En países carentes de Escuelas/Facultades de Arquitectura, Planeamiento Urbano y/o Construcción, la implantación de **estudios profesionales no universitarios**, centrados en la Habitabilidad Básica, parecen una prioridad inaplazable (Ver Tabla 6.16);

- En los países con Escuelas/Facultades de Arquitectura, Planeamiento Urbano y/o Construcción, la implantación de estudios de:

- **Pregrado como especialización** (dos años) dotados de titulación de **Técnico en Habitabilidad Básica** (Ver Tabla 6.16);

- **Postgrado** (de un año) en alguna de las Escuelas/Facultades de Arquitectura, Planeamiento Urbano y/o Construcción, dotado de la titulación de **Ingeniero o Arquitecto Especializado en Habitabilidad Básica**.

4. Admitiendo que el sector “construcción”, especialmente si se trata del subsector construcción de viviendas, es un gran impulsor de la economía especialmente en los “países en desarrollo”. Las realizaciones de Habitabilidad Básica: por la utilización de tecnologías autóctonas; el empleo de materiales no importados; por tratarse de realizaciones intensivas en mano de obra y selectivas en bienes de capital, propician el desarrollo de los pueblos y facilitan la aplicación de tecnologías fácilmente transferibles, lo que puede ser un campo fructífero de Cooperación Universitaria.
5. Ante las tres preguntas-clave sintetizadas por Seers (al inicio de este Apartado) para otorgarle el adjetivo de humano al desarrollo, nos pareció de interés la elaboración de la Tabla 6.16 en la que se han agrupado algunas respuestas a las tres condiciones esenciales del “desarrollo” para que sea “humano”.
6. Admitiendo como canónicas las cuatro etapas que conforman la Habitabilidad Básica, Tabla 6.17: Elección de un suelo digno para vivir; Parcelación racional; Urbanización progresiva y Construcción incremental, en la Tabla 6.17, hemos agrupado algunos apuntes sobre posibles contenidos de las disciplinas más sustantivas relativas a las enseñanzas de las titulaciones en Habitabilidad Básica.

TABLA 6.16

HACÍA EL "DESARROLLO HUMANO" POR INTERMEDIO DE LA HABITABILIDAD BÁSICA		
Posibles respuestas a las tres condiciones esenciales del "desarrollo" para que sea "humano"...	¿Qué ha ocurrido con la pobreza ?	¿Cómo evoluciona el déficit de vivienda en el país?, ¿Cómo se desarrolló la construcción nueva?, ¿... y la situación cuantitativa y cualitativa de los tugurios?, ¿...y el suministro de agua y saneamiento?; ¿Cómo evolucionó el numero de alojados en tugurios, en el sentido que los define UN-HÁBITAT?... Los tugurios son la plasmación física de la pobreza y la indigencia
	¿Cómo ha evolucionado el desempleo ?	La construcción, especialmente en los países en desarrollo (de nuevas soluciones habitacionales y de mejora de tugurios) puede ser la mayor fuente de creación de empleo de mano de obra no especializada, tanto en puestos de trabajo directos como indirectos. Se trata de puestos de trabajo que suelen distribuirse por toda la geografía. No es un sector dependiente del exterior, que presenta un bajo ratio inversión/puesto de trabajo... iSi la construcción marcha todo marchai
	¿Cómo ha repercutido en la desigualdad ?	El apoyo financiero, en sus posibles y variadas formas y cuantías de los tres componentes posibles: "Ahorro previo" + "Bonificación" + "Crédito" = "Precio" El paradigma A+B+C, puede ser una eficiente herramienta de lucha contra la desigualdad, entre los que tienen "viviendas precarias" y los que no tienen Habitabilidad Básica. Sin Habitabilidad Básica no hay desarrollo

Fuente: el autor, preparado para esta publicación.

TABLA 6.17

POSIBLE DESGLOSE DISCIPLINAR DE CONTENIDOS DE LAS CUATRO ETAPAS DE INTERVENCIÓN EN HABITABILIDAD BÁSICA		
CUATRO DISCIPLINAS ACADÉMICAS DIFERENCIADAS Y UN CONJUNTO DE SUBDISCIPLINAS ESPECÍFICAS DE LA HABITABILIDAD BÁSICA	ELECCIÓN DEL SITIO (Planeamiento territorial)	Disciplinas afines: <ul style="list-style-type: none">· Geografía física,· Geología básica,· Interpretación de planimetría,· repercusión medioambiental,· previsión de vulnerabilidad,· elección del suelo adecuado a cada uso,· división territorial del trabajo de las poblaciones,· estructura de vialidad y transporte,· otros sistemas generales de infraestructura.
	PARCELACIÓN RACIONAL (Planeamiento urbano)	Disciplinas afines: <ul style="list-style-type: none">· Planeamiento urbano,· Topografía,· Planimetría,· instrumentos de diseño y ordenación,· subdivisión del suelo en público privado, alineaciones/rasantes y replanteos,· fijación de usos y ordenanzas a las parcelas,· fijación de condiciones a la RELP (Red de Espacios Libres Públicos).
	URBANIZACIÓN PROGRESIVA (Proyectos de Obras de Urbanización)	Disciplinas afines: <ul style="list-style-type: none">· Agua y saneamiento,· Caminos elementales,· Manejo de residuos sólidos,· Instalaciones para el suministro de energía,· Espacios públicos (calles, plazas, vías, zonas verdes y espacios libres),· Elementos de urbanización,· Infraestructura, mobiliario y señalización.
	EDIFICACIÓN (Proyectos de Obras de Edificación)	Disciplinas afines: <ul style="list-style-type: none">· Estudio de materiales básicos para la construcción,· Criterios resistentes de estructuras simples,· Producción de elementos de construcción,· Sistemas constructivos básicos,· Procesos constructivos,· Mediciones y presupuestos.

Fuente: el autor, preparado para esta publicación.

BIBLIOGRAFIA CITADA POR CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1

ANGULO, L., (2002), '*La vivienda y la prevención de desastres*'; Perspectivas y posibilidades para una política de vivienda en Perú. Centro de Investigaciones y proyectos urbanos y regionales, Lima, Perú.

ARTEAGA JUÁN J. '*La urbanización hispanoamericana en las Leyes de Indias*', Actas del Seminario

CAMINO HORACIO, '*Elementos de Urbanización*', Edit. G. GILI, México 1984.

CÁTEDRA UNESCO en 'HaB' de la UPM, '*La toma de tierras urbanas en Latinoamérica: problema o solución*', Ministerio de Vivienda de España, abril 2010.

CÁTEDRA UNESCO en HaB, Recopilación de charlas del Curso XII de Especialización, ETSAM, 2010.

CEWHOPU: '*La Ciudad Latinoamericana*', Buenos Aires, 1985

CEPAL, Sergio Soza (Coordinador), '*La Producción de la Vivienda en América Latina y el Caribe*,' Edit. CEPAL, Santiago de Chile, 1996.

CEPAL: '*Alojar el Desarrollo: Una tarea para los asentamientos humanos*'. Documento LC / L906. CONF.85 / 3 . Ver Actas de la Reunión CYTED: *Iberoamérica ante HABITAT II*. Ministerio de Vivienda de España, 1996.

CRED, (2003), Centre for Research of the Epidemiology of Disasters, '*The Regional Disasters Information, 2003*.' [www.cred.be http://www.cred.be/emdat/intro.htm](http://www.cred.be/emdat/intro.htm)

CYTED (1997), '*Postulados de la Red Viviendo y construyendo de cara a la Conferencia Mundial sobre la ciudad*' Hábitat II, Cartilla de módulo pedagógico, Santiago de Chile.

DAVIS, I., (1980), '*Arquitectura de emergencia*', Edit. Gustavo Gili, Tecnología y Arquitectura, Barcelona. (Original editado en Oxford, 1977).

DAVIS MIKE, '*Planeta de Ciudades Miseria*', Edit. Foca, 2007, Madrid. (Párrafo referenciado en las páginas 101 y 102 del libro).

FERRERO A., GARGANTINI D., (2003), '*El riesgo como oportunidad*', INVI, Boletín N° 47. Santiago de Chile.

FISCR, (1995), Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja. '*Evaluación de las necesidades de emergencia en casos de desastres*'. Ginebra, diciembre 1995.

FUENTES CARLOS, '*El espejo enterrado*', Edit. Taurus, México, 1992

GESTO BELÉN, '*El Programa de Ocupación Guiada del Alto Trujillo (Perú)*', Apartado 3.1 del libro '*Las tomas de tierras urbanas en Latinoamérica Hoy: Problema o solución*', M. Vivienda, Madrid, abril 2010.

HELLPAP, C., BECK, M. (2002), '*El papel de la construcción apropiada en la ayuda de emergencia orientada al desarrollo*'. GATE / GTZ Basin.

ICHaB, Proyecto CeALCI 20 / 05, de la Fundación Carolina, Directrices de 'HaB'itabilidad básica poscatástrofe para optimizar el tránsito de la emergencia al desarrollo progresivo en el área centroamericana'. Madrid 2005.

ICHaB, 'Documento de Bases para la creación de la Cátedra UNESCO en Habitabilidad Básica', ETSAM, 2009.

IGLESIA ENRIQUE: 'Apertura de la Primera Reunión de Ministros de Vivienda y Planeamiento Urbano de América Latina y el Caribe', CEPAL, Santiago de Chile, 1992.

KJEKSTAD, O.,(2005), CHRR, "Environmental Protection", Center for Hazards and Risk Research, Columbia University.

LÓPEZ EDUARDO, Ciudad ONU-Hábitat. 'Desanimo o Esperanza en un Mundo de Realidades Contrastadas'. 'Ciudad sostenible: los retos de la pobreza urbana'. II Congreso Internacional de Desarrollo Humano. Madrid – 22 y 23 de abril de 2009.

MAC DONALD, J., (2006), 'Pobres en Ciudades Pobres', ponencia Primera Conferencia Internacional sobre Desarrollo Humano, Madrid, Noviembre 2006.

MAYOR FEDERICO, 'Discurso de Apertura de HABITAT II, Asamblea Mundial de CIUDADES', Estambul, 31 de Mayo de 1996.

MILETI, D. S., (1999). 'Disaster by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States'. Washington, DC: Joseph Henry Press, 351 pp.

MONASOR PABLO L. 'Maras la cultura de la violencia', Pablo L. Monasor; 'Origen y evolución de las maras en Centroamérica', José Miguel Cruz; 'Delicuencia juvenil una deuda con El Salvador', Rosa MARÍA FORTÍN... del libro 'MARAS , la Cultura de la Violencia' de Isabel Muñoz, Edit. Obra Social CAJA Buero, SACEX, 2007.

OXFAM-INTERMÓN, 'Informe Mundial sobre Inequidad', 13.01.2015.

PNUD, WORLD BANK, (2005), 'Conclusions and the Way Forward del libro Natural Disaster Hotspot'. A Global Risk Analysis, Edit. The World Bank, Disaster Risk Management Series, Nº 5. Washington, D.C. 2005; 132 pp.

PREVI 'Colección Programa', Tomo 1: PREVI PP3, NNUU, Lima 1973

SALAS JULIÁN, '1987 Año Internacional de la Vivienda para las Personas sin Hogar', EL PAÍS, 12.11.1984. y J. Salas, 'De aquí a 20 años', EL PAÍS, 8.06.1996

SALAS JULIÁN, 'HÁBITAT: El implacable desarrollo del subdesarrollo', Rev. URBAN nº 3, ETSAM 1999, páginas 53 a 66

SALAS JULIÁN: 'Lula y el Hambre de Viviendas', Tribuna Inmobiliaria, Madrid, febrero 2003 y/o 'Las Razones de Lula', Fernando P. Méndez González, EL PAÍS 17 de abril de 2003.

SALAS JULIÁN, 'Mejoramiento de Barrios Precarios en Latinoamérica', Edit. ESCALA, 237 pags. Bogotá, 2009.

SALAS JULIÁN, et alts. ICHAB: 'Las tomas de tierras urbanas en Latinoamérica: ¿Problema o Solución?', Editorial Ministerio de Vivienda de España, 241 pags., Madrid 2010.

SALAS JULIÁN: 'The Informal Habitat Sector: the most important absentee at World SB14', Barcelona 'SB14', 29.10.2014

SALAS JULIÁN, 'Vivir en 'slums' o sin 'habitabilidad básica', Congreso Decent and adequate housing. 'Barcelona Urban Thinkers Campus' / an UN-Habitat Event. 6th Workshop: The Slums. Octubre 2015.

SANAHUJA, J. A. (2002), 'Guerras, desastres y ayuda de emergencia', Edit. Intermón Oxfam, 140 págs., Barcelona.

SETHURAMAN S., 'Urban Poverty and the Informal Sector. A Crucial Assessment of Current STRATEGIES', (ILO), DOCUMENTO DE TRABAJO, GINEBRA, 1997, PP. 2-3

SOTO HERNANDO, 'El Misterio del Capital', Edit. El Comercio, Lima, 2000.

SUAREZ L., 2016, Ponencia para Curso XIX ICHAB, '*Patrimonio Urbano y Desarrollo*', ETSAM, 2016

UN-HABITAT, (2002a). *State of the World's Cities 2006-2007. The Millennium Development Goals and Urban Sustainability*. Expert Group Meeting on Urban Indicators. Secure Tenure, Slums and Global Sample of Cities

UN-HABITAT, '*Sounding the Alarm on Forced Evictions*' Informe de Prensa 20th Del Consejo de Gobierno, Nairobi, 8 de abril de 2005

UNITED NATIONS Centre for Human Settlements (HABITAT): '*Informe Mundial sobre los Asentamientos Humanos*'. ISBN 92-1-331015-3.

VARGAS, J. (2002), '*Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socionaturales*'. CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

VARGAS LLOSA M., Prólogo del libro '*El Otro Sendero*', Hernando de Soto, Lima, Perú, 1987.

CAPÍTULO 2

AMEMIYA N., 2006, *La gestión del suelo y el desarrollo urbano de los asentamientos humanos del "Alto Trujillo*, Tesis en Gestión Urbano Ambiental, Universidad Antenor Orrego (UPAO), Trujillo, Perú.

AMEMIYA N. y RODRÍGUEZ T., 2008, "*Ocupación Guiada vs regularización: una alternativa sostenible de acceso al suelo para los pobres en Trujillo – Perú*", DE ARCHITECTURA, N° 01 Agosto-Diciembre, UPAO, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, Trujillo, Perú, pp. 41-64.

ARRAIGADA, C., MAC DONALD, J., (1998). *Dimensions and scope of urban informal life*. CEPAL, Manuales n° 38 Santiago de Chile.

ARTEAGA JUAN JOSÉ, 1985 *La urbanización hispanoamericana en las Leyes de Indias*, Actas del Seminario CEHOPU "La Ciudad Latinoamericana", Buenos Aires, 1985.

CÁCERES MARTÍN, 2002, '*Las lluvias del 5 de julio. La toma de Peñalolén*'. Edit. SUR, Santiago de Chile, 2002.

COLAVIDAS, F., SALAS, J. (2005). *Por un programa cosmopolita de habitabilidad básica*. Instituto de Cooperación en Habitabilidad Básica. ICHaB, ETSAM, Madrid, 2005.

COLAVIDAS F. y SALAS J., 2006, '*Por un Programa Cosmopolita de Habitabilidad Básica*', Rev. Informes de la Construcción n° 423, IETCC, Madrid.

DAVIS M., 2006, *Planeta de Ciudades Miseria*, Edit. Foca, Madrid 2006.

FERNÁNDES E., (2002b). *Combining tenure policies, urban planning and city management in Brazil*,

FERNÁNDES E., (2003). *Tenencia de la tierra y pobreza urbana en América Latina*, Rev. Vivienda Popular, n°3, Montevideo, Uruguay

FERNANDES, E. (2004) *Regularización de la tierra y programas de mejoramiento*. julio 2004 Perspectivas Urbanas Pág. 143-152

FERNANDES, E. (2005). *Aspectos jurídicos de los programas de regularización de la tenencia de la tierra urbana en Latinoamérica*. En A. Patino (Org), *Espacios urbanos no consentidos. Legalidad e ilegalidad en la producción de la ciudad*, Colombia y Brasil. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

- FERNANDES, E. (2008) *Consideraciones generales sobre las políticas públicas de regularización de asentamientos informales en América Latina*. Revista Eure Vol. XXXIV, N° 102, pp 25-38, Agosto 2008.
- GESTO B., 2015, Tesis Doctoral ETSAM, 'Los programas Municipales de Ocupación Guiada: Instrumentos preferentes de Habitabilidad Básica versus Urbanización Informal Futura. El Caso de Trujillo (Perú)
- HARAMOTO Edwin, 1985, *Vivienda Social. Tipología de Desarrollo Progresivo*, Facultad de Arquitectura y Bellas Artes, Universidad Central; INVI, Facultad de Arquitectura y urbanismo, Universidad de Chile, Chile.
- KARST K., (2003) K. Karst, M. Schwartz y A. Schwartz, *The evolution or the law in the barrios of Caracas*.
- KELLETT P., (2003). *El espacio doméstico y la generación de ingresos: la casa como sitio de producción en asentamientos informales*. Vº Coloquio Internacional de Geocrítica: la vivienda y la construcción del espacio social de la ciudad, Barcelona, Mayo.
- MAC DONALD, J., (2005). *La otra agenda urbana. Tareas, experiencias y programa para aliviar la pobreza y la precariedad en las ciudades de América Latina y el Caribe*. CEPAL, Serie Medio Ambiente, n° 117. Santiago de Chile.
- MAC DONALD, J., (2006). *Pobres en ciudades pobres. Una mirada desde América Latina*. I Congreso Internacional de Desarrollo Humano, Ayuntamiento de Madrid, noviembre.
- MAR MATOS, 2004, *Desborde popular y Crisis de Estado. Veinte años después*, Fondo Editorial del Congreso de la República, Lima.
- OBERA A. S., (1993), *Population Growth, Employment and Poverty in Third World Mega Cities*, Analytical Policy Issues, Londres 1993.
- ORTIZ Enrique, 2007, Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la producción social de la vivienda, Coalición internacional para el Habitat (HIC-AL), México.
- PALMER M. VERGARA F.1990: *El lote 9x18 en la encrucijada habitacional de hoy*, Editorial Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- PRATS JOAN, 2000, *Algunas especificidades de la urbanización latinoamericana*, escrito difundido por ASF, Madrid, 12.11.2000
- RAMÍREZ R., (2002). *Evaluación social de políticas y programas de vivienda: Un análisis de la contribución de la vivienda a la reducción de la pobreza urbana*. Boletín INVI n° 45, Santiago de Chile, Mayo.
- RIOFRÍO, GUSTAVO, 1986, *Habilitación urbana con participación popular; Tres casos en Lima, Perú*, Eschborn, Alemania, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH.
- RICOU, XAVIER, "Huaycán. Una experiencia de habilitación Urbana", Bull. Inst. Fr. Et. And. XVII. N° 1, 1988, p. 65-85.
- SALAS, J., COLAVIDAS, F., (2003). *La enseñanza de la Habitabilidad Básica en la ETSAM. Una mirada al frente*, ponencia en la IX Reunión ULACAV, Asunción (Paraguay), Agosto.
- SALAS, J. (2004), *Latinoamérica: Hambre de Viviendas*, Rev. Vivienda Popular, N° 9, Montevideo, 2004.
- SALAS ET AL., (2006). *Directrices de habitabilidad básica postcatástrofe para optimizar el tránsito de la emergencia al desarrollo progresivo en el Área Centroamericana* Edit. Fundación Carolina, 168 páginas, Madrid.
- SALAS, J., (2008). *Tugurización y necesidades de habitabilidad básica en Latinoamérica*, Rev. Pensamiento Iberoamericano, 2ª Época, 2007/2 , Madrid.

- SALAS J., et al., ICHAB, 2010, '*Las Tomas de tierras urbanas en Latinoamérica hoy: ¿Problema o Solución?*', 247 pags., Edit. Ministerio de Vivienda, Madrid 2010.
- TRUJILLO MUNICIPALIDAD, 2002, *ATLAS Ambiental de la Ciudad de Trujillo*, Municipalidad Provincial de Trujillo, Perú.
- TURNER J. F., (1977). *Vivienda, todo el poder para los usuarios: hacia la economía en la construcción del entorno*, E H. Blume.
- UN-HABITAT, 2003a, *The Challenge of Slums*, Earthscan Publications Ltd., Londres, Reino Unido.
- UN-HABITAT (2001). *Cities in a Globalizing Word*; Global Report on Human Settlements
- UN-HABITAT (2005). Responding to the challenges of an urbanizing world. UN-Habitat Annual Report 2005.
- UN-HABITAT, 2013, *State of the World's Cities 2012/2013 Prosperity of Cities*, Earthscan Publications Ltd., Londres, Reino Unido.
- WOLFENSOHN J., (1999). Presentación de la Iniciativa *Cities Without Slums*, Berlín. Edit. Banco Mundial.
- ZELEDON, A. (2006). *Reflexiones en torno al marco jurídico de El Salvador*. En E. Fernandes & Alfonsin, B. (Orgs), *Direito Urbanístico. Estudos Brasileiros e Internacionais*. Belo Horizonte: Del Rey.

CAPÍTULO 3

- ALCALDÍA DE MANAGUA, 1998 / Alcaldía de Amsterdam, *Plan de Manejo de la Cuenca de Ciudad Sandino (PlaMaCS), Resumen Ejecutivo de Diagnóstico*. Managua, enero 1998. Documento mimeografiado de 20 páginas.
- ALCALDÍA DE MANAGUA, 2000, Documento interno mimeografiado: Plan Parcial de Ordenamiento Urbano. Área Urbana: Distrito 1.
- ARIF, H., (2003). *Why do we need more slums in Asia?* Asian Coalition for Housing Rights. WWW.ACHR.NET/ARIF_HASAN1.HTM
- ARRAIGADA C., 2000, *Pobreza en América Latina: nuevos escenarios y desafíos de política de política para el hábitat urbano*, Serie Medio Ambiente n° 27, CEPAL, Santiago de Chile.
- ARRAIGADA, C., MAC DONAL, J., (1998). *Dimensions and scope of urban informal life*. CEPAL, Manuales n° 38 Santiago de Chile.
- CEPAL, Tabulaciones especiales de Encuestas Hogares División de Estadística y Proyecciones Económicas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2003.
- COLAVIDAS, F., SALAS, J. (2005). *Por un programa cosmopolita de habitabilidad básica. Instituto de Cooperación en Habitabilidad Básica*. Documento Interno, ICHaB, ETSAM, Madrid, 2005.
- CYTED (1996). Postulado 3 de la Red CYTED. *Viviendo y construyendo de cara a HÁBITAT II*, El Salvador.
- DE SOTO H., (1986). *El Otro Sendero*. Instituto Libertad y Democracia. Lima (Perú).
- DE SOTO H., (2000). *El misterio del capital*, El Comercio, Lima (Perú).
- FERNÁNDES W. R., (2001). *La Agenda Global y la gestión local del hábitat*, apuntes de la Maestría en Hábitat y Vivienda en la Universidad de Mal del Plata y Rosario, Argentina.

- FERNÁNDEZ E., (2003). *Tenencia de la tierra y pobreza urbana en América Latina*, Rev. Vivienda Popular, nº3, Montevideo, Uruguay.
- FUNDASAL, Género y Hábitat Popular, Análisis Integral de Hogares de la Comunidad de Las Palmas. Documento de estudio FUNDASAL No. 21., Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador. Febrero - Marzo de 1997.
- FUNDASAL, La recolección de residuos sólidos en asentamientos populares. Documentos de estudio FUNDASAL No. 24, Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador. Carta Urbana de 1998.
- FUNDASAL, Carta Urbana / Comp. 1996 / 1997. San Salvador, El Salvador. 1998.
- FUNDASAL, Documento resumen de 1998. Memoria de 1998.
- FUNDASAL, La situación de las comunidades tugurizadas en AMSS, Un ensayo de caracterización. Documentos de estudio FUNDASAL No. 29, Ciudad Delgado, San Salvador, El Salvador. 1999
- GEORGE, S., (2000). *Informe Lugano*, Ed. Intermón, Barcelona 2000.
- KELLETT P., (2003). *El espacio doméstico y la generación de ingresos: la casa como sitio de producción en asentamientos informales*. Vº Coloquio Internacional de Geocrítica: La vivienda y la construcción del espacio social de la ciudad, Barcelona, Mayo.
- LINS P., (2003). *Ciudad de Dios*, Edit. Tusquet, Barcelona.
- MAC DONALD, J., (1996). *Alojar el desarrollo: una tarea para los alojamientos humanos*, Documento de CEPAL para HÁBITAT II, Santiago de Chile.
- MAC DONALD, J., (2005). *La otra agenda urbana. Tareas, experiencias y programa para aliviar la pobreza y la precariedad en las ciudades de América Latina y el Caribe*. CEPAL, Serie Medio Ambiente, nº 117. Santiago de Chile.
- MAC DONALD, J., (2006). *Pobres en ciudades pobres. Una mirada desde América Latina*. I Congreso Internacional de Desarrollo Humano, Ayuntamiento de Madrid, noviembre.
- OIT, (2001). *Organización Internacional del Trabajo. Informe sobre la creación de trabajo en el fin del Siglo XX en América Latina y El Caribe*. Informe 2001.
- SACHS, J., (2005). *El fin de la pobreza. Cómo conseguirlo en nuestro tiempo*. Ed. Debate, Madrid
- SALAS, J. (1993). *Contra el hambre de vivienda. Soluciones tecnológicas latinoamericanas*. Edit. Escala, 237 p., Bogotá, Colombia.
- SALAS, J. (1997). *Quince reflexiones y quince interrogantes sobre mejoramiento barrial*, Rev. Vivienda Popular, nº 2, Montevideo, Uruguay.
- SALAS, J. (1999). *Hábitat: El imparable desarrollo del subdesarrollo*, Rev. URBAN Nº 3, ETSAM, Madrid, primavera.
- SALAS, J. (2004a)., *Latinoamérica: Hambre de Viviendas*, Rev. Vivienda Popular, Nº 9, Montevideo, 2004.
- SALAS J., (2004b), PRO.MA.PER, *Diagnóstico vivienda, tenencia, modalidades de participación y financiamiento*, Contrato PRRAC/02, Managua.
- SALAS, J., COLAVIDES, F., (2003). *La enseñanza de la Habitabilidad Básica en la ETSAM. Una mirada al frente*, ponencia en la IX Reunión ULACAV, Asunción (Paraguay), agosto.
- SALAS, J., AUXIN, F., (2003). *Propuesta de mejoramiento caso a caso y casa a casa en Ciudad Sandino*. Proyecto para la Comunidad Europea. Managua, Nicaragua.
- SANAHUJA, J. A., (2002). *Guerras, desastres y ayuda de emergencia*. Ed. Intermón Oxfam, Colección Informes, Nº 21, Barcelona, junio.

- SPERBER, J. F., HAPPE, B. (2004). *Violencia y delincuencia en barrios pobres de Santiago de Chile y Río de Janeiro*. Rev. Nueva Sociedad n° 169, páginas 44 a 57. Santiago de Chile.
- TURNER J. F., (1977). *Vivienda, todo el poder para los usuarios: hacia la economía en la construcción del entorno*, E H. Blume.
- UN-HABITAT (1996), *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements*.
- UN-HABITAT (2003), *The Challenge of Slums. Global Report on Human Settlements*
- WOLFENSOHN J., (2003), Presidente del Banco Mundial, *Discurso inaugural de la Asamblea Mundial del FMI*, Hong Kong, 22. Septiembre.
- WOLFENSOHN J., (1999), Presentación de la Iniciativa *Cities Without Slums*, Berlín. Edit. Banco Mundial.
- ZILLMANN K. (2000), *Compact Cities*, Spon Press, Londres, 2000.

CAPÍTULO 4

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, '*Projeto e execução de argamasa armada*'; Projeto 18:05.14-001. Río de Janeiro, 1989.
- ARCILA J. H. '*Arquitectura de guadua y autoconstrucción*', artículo mecanografiado, 1990.
- ARCILA J. H , trabajo de tesis doctoral en la ETSA del Vallés, Barcelona, '*El Bambú como material de construcción*', 1993.
- ARDILA CARLOS, Tsuchiya Juan C.: '*Efectos de un incorporador de aire en las propiedades físicas del hormigón*', Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Abril de 1991.
- AUSTRIACO, Lilia Robles: '*Introduction to ferrocement: history, applications and constituent materials*'. In: International Ferrocement Information Center (IFIC). Short course on design and construction of ferrocement structures; lecture notes. Bangkok, 1985.
- BANCO MUNDIAL, 2002, World Development Indicators:
www.worldbank.org/poverty/wdrpoverty
- BEZERRA, Roberto R. '*Argamassa armada; aplicação em urbanização de favelas e saneamento básico*'. São Paulo ABCP, 1984. (ET-64).
- CEPAL, Coordinador de proyecto, Sergio Soza: '*La producción de la vivienda en América Latina y el Caribe*', Edit. CEPAL, 279 páginas, Santiago de Chile, 1996.
- CEPAL, 1996, '*Alojar el Desarrollo: Una tarea para los asentamientos humanos*'. Documento LC/L906. CONF.85/3. Ver Julián Salas, *Actas de la 'Reunión CYTED: Iberoamérica ante Hábitat II*. Ministerio de Fomento, Madrid, 1996.
- CAMPOS, P. E. 1989. '*Industrialização da construção e argamassa armada; perspectivas de desenvolvimento*'. SÃO PAULO, EPUSP, 1989.
- CAMPOS, Paulo Eduardo F. de '*Industrialização da construção e argamassa armada; perspectivas de desenvolvimento*'. São Paulo, EPUSP, 1989. (Dissertação de Mestrado).
- CORTINEZ J. M., 1996, '*Los materiales de construcción: 'Base industrial de la producción de vivienda*', Cap. 4 "*La producción de la Vivienda en América Latina*", CEPAL, Santiago de Chile.
- CRATERRE, '*Construire en Terre*' Editions Alternatives, París 1979.
- CYTED, '*Habiterra*', 227 páginas. Edit. Escala, Bogotá, Colombia, 1995.

CYTED, Graciela María Viñuales (Compiladora): '*Arquitecturas de tierra en Iberoamérica*', 127 páginas. Impresiones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1994.

DETHIER JEAN, «Des Architectures de Terre». Edit. CCI - Centre G. Pompidou. París, 1982, 192 págs.

FABIUS F., Rev. '*Actuel Developpement*', No. 63, Francia, nov. 1984.

FATHY HASSAN , '*Arquitectura para los Pobres*'. Edit. Extemporánea, México, primera Edición 1975, 266 págs.

FLORES RODRÍGUEZ, Carlos Alberto: '*Hormigón: El agua de mezcla*'. Tecnología del Concreto. Asociación de Ingenieros Civiles de la Universidad Nacional AICUN. Bogotá (Colombia), 1988.

GANESAN,S.(1994),'*Employment maximization in construction in developing countries*'. Construction Management and Economics, No. 12, pp. 323-333.

GASTELUM G., Director de '*Comunicaciones Externas de Apasco*', Cemex, 2007. Comunicado del 7.09.2007

GÓMEZ CORTÉS, José Gabriel: '*Influencia del tipo de compactación en la resistencia de hormigones*'. Informe interno de investigación. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Junio, 1990.

GONÇALVES R. "Documento sobre situação atual da habitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte", 1997, mimeo.

GONZALEZ LOBO, 'Vivienda y ciudad posibles', Edit. ESCALA, Bogotá, 2006.

GROW YOUR OWN HOUSE, Simón Vélez, p.59

HANAI, João B. '*Argamassa armada; fundamentos tecnológicos para projeto e execução*'. São Carlos, Escola de Engenharia, 1987. (Tese de Livre Docência).

HAYS A.,S. MATUK, F. VITOUX, '*Seguir Construyendo con Tierra*'. Edit. Centro de Investigación y Aplicación de la Tierra». Dic. 1984, Lima (Perú), 310 págs

HEMPEL RICARDO, '*Ponencia: viviendas de interés social de madera*', Curso CYTED, Edit. IDEC-OTIP, Puerto Ordaz, Venezuela, 1993.

HOUBEN H., '*L'habitat économique dans les pays en développement: matériaux, techniques de construction*'. Plan Construcción. París, 1998, Vol. 2 págs. 53 a 56.

LIMA, João Filgueiras. '*Depoimento. Arquitetura e Urbanismo*', São Paulo, 3(11): 24, abr./mai. 1987.

MAC DONALD J., 2006, "Pobres en ciudades pobres", ponencia en el I Congreso Internacional sobre Desarrollo Humano, Ayuntamiento de Madrid, nov. 2006.

MILLENIUM PROJECT, 2006, '*Mejorar las condiciones de vida de los chabolistas, Un hogar en la ciudad*' Ministerio de Vivienda (España), Madrid, 2007.

MINISTERIO DE CULTURA- ICCE. Torroja, '*Jornadas sobre Conservación y Restauración de Monumentos*'. Madrid, abril 1989. Edit. CSIC, Madrid 1989, 203 págs.

MOZAS J., '*La superación de lo vulgar en la construcción estándar*', Rev. a+t, N° 10, Vitoria, España, 1997.

ONUDI, 1985, '*First Consultation on Building Material*', Atenas, marzo 1985

O.P.E. El Salvador, Oficina de Planificación Estratégica de El Salvador: "Propuestas para la transformación de los procesos de gestión de proyectos y análisis de casos en viviendas", 1997.

ORTEGA Y GASSET J., '*Meditación de la técnica*'. Charla en Buenos Aires,1952. Edit. Alianza, Revista de Occidente Madrid, 2000.

SALAS, J., 1985, '*Respuestas a la Primera Consulta sobre la industria de los Materiales de Construcción de ONUDI*', Materiales de Construcción, Vol. 35, nº 198, Pág. 15/ 30, Madrid, junio 1985.

SALAS, J. Coordinador '*La Tierra Material de Construcción*'. Monografía 385/386 del ICCE. Torroja, (CSIC), Madrid 1987, 124 págs. Julián Salas, Coordinador. «La Tierra Material de Construcción». Número monográfico de la Rev. Informes de la Construcción, ICC E. Torroja No. 377, enero/febrero. 1986.

SALAS J., Gómez Gabriel, Veras Janer: '*Hormigones con ceniza de cáscara de arroz (R.H.A.): Influencia del curado y del agua de amasado*'. Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja, N° 385. Madrid, Noviembre de 1986.

SALAS, J., 1985, '*Respuestas a la Primera Consulta sobre la industria de los Materiales de Construcción de ONUDI*', Materiales de Construcción, Vol. 35, n° 198, Pág. 15/ 30, Madrid, junio 1985.

SALAS J., 1990, '*Materiales y tecnologías para viviendas de muy bajo coste*', folleto del equipo VMBC, IETcc 1990.

SALAS J. '*Building research and practice*', N° 4.87, París, 1997.

SALAS J., 2000, '*La industrialización 'posible' de la vivienda latinoamericana*'. Edit. ESCALA, Bogotá, Colombia, 2000.

SALEME H. Monografía 'Bambú', Univ. de Tucumán, Argentina 2011.

TORREALBA E., "Construcción de viviendas de bajo coste en Chile: el caso de Rancagua", CEPAL 1999.

TORROJA EDUARDO. '*Razón y Ser de los Tipos Estructurales*', Cap. 'Los materiales clásicos'. Edit. CSIC, Madrid, 1990.

UN HABITAT, 1996, United Nations Centre for Human Settlements (Hábitat): '*Informe Mundial sobre los Asentamientos Humanos*', ISBN 92-1-331015-3.

UN HABITAT 2003, "Improving the lives of 100 million slum dwellers", Global Observatory, Un-HABITAT, Nairobi (Kenya).

USGS, '*Mineral Yearbook*', 2002.

VILLEGAS MARCELO, '*Bambusa, Guadua*', Villegas Editores, 175 páginas, 1989 Santafé de Bogotá, Colombia.

CAPÍTULO 5

ABRAMO, Pedro. '*La teoría económica de la favela: cuatro notas sobre la localización residencial de los pobres y el mercado inmobiliario informal*'. Revista Ciudad y Territorio: Estudios territoriales, Ministerio de Fomento, España. (136-137): 273-294, verano-otoño 2003. ISSN: 1133-4762

BARRIONUEVO, R. Jara y J. Santolalla. Publicación PREVI, edición del Ministerio de Vivienda y Construcción del Perú, LIMA, 1971

BUTHET, Carlos; BAIMA DE BORRI, Marta y CALVO, Diego. '*La Evolución de las Villas de Emergencia en Córdoba 2001/ 2007*'. Córdoba, Argentina, CONICET-PICTOR REDES 20464 / SEHAS. 2007.

CARVALHO, Marcelo (Coord.) '*João Filgueiras Lima Lelé*'. Lisboa, Portugal, Editorial Blau-Instituto Lima Bo e P. M. Bardi. 2000. 264 p. ISBN 972-8311-49-4

CEPAL, Sergio SOZA, Sergio (coord.) '*La producción de la vivienda en América Latina y El Caribe*'. Santiago de Chile, Edit. CEPAL. 1996. 285 pp.

CEPAL. '*Anuario estadístico de América Latina y el Caribe* 2009, CEPAL, ONU, 2010

COTEC, Fundación para la Innovación Tecnológica en España, publica anualmente un informe sobre '*Tecnología e Innovación en España*', las ideas reproducidas pertenecen al Informe Anual. 1998.

- CYTED, 1987. Coordinador: J. SALAS. Cuatro Tomos: Programa de Tecnología para Viviendas de Interés Social. ICI: Comisión Nacional Quinto Centenario, Madrid.
- FERRERO, Aurelio (coord.) *Hábitat en Riesgo. Experiencias latinoamericanas*. Córdoba, Argentina, CYTED, Subprograma XIV: *Tecnologías de vivienda de interés social*, Red XIV-G. 2003. 215 p. ISBN 987-21050-0-6.
- FERRERO, Aurelio y BASSO, Laura. *Progresividad habitacional: del reconocimiento a la propuesta*. Cuaderno Urbano, Chaco, Argentina. VII (7): 145-163, octubre 2008 ISSN: 1666-6186.
- GARCÍA-HUIDOBRO, F. Torres Torriti y N. Tugás. *¡El tiempo construye! El Proyecto Experimental de Vivienda (PREVI) de Lima: génesis y desenlace*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008
- GONZÁLEZ LOBO, Carlos. *Vivienda y ciudad posibles*. Bogotá, Colombia, Editorial Escala. 1999. 229 p. sin ISBN, U. Nacional de México.
- HARDOY J. E., 1985. *Repensando la ciudad del Tercer Mundo*, Buenos Aires: IIED–América Latina.
- ININVI. *PREVI 20 años después: resultados y conclusiones*. Lima, Perú, edición de la Secretaría Ejecutiva del Programa de Actividades PREVI'88. 1988. 40 p.
- KROLL, L. *Composants: faut-il industrialiser l'architecture?* Socorema, Bruselas, Bélgica, 1987.
- KRUK W., Proyecto CYTED XIV.2: *Catálogo Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para Vivienda de Interés Social*. CYTED - Uruguay, Montevideo, 1993.
- LE CORBUSIER. *Hacia una arquitectura*, Ediciones Apóstrofe, Barcelona, 1977
- LORENZO GÁLLIGO, Pedro (coord.) *UN TECHO PARA VIVIR. Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. Barcelona, España, Ediciones UPC, CYTED, subprograma XIV, proyecto XIV.3 y XIV.5. 2005. 559 p. 84-8301-801-2.
- LUCAS PATRICIA, tesis doctoral con el título: 'El Concurso del Tiempo: las viviendas progresivas del PREVI-LIMA', ETSA de Madrid 2016,
- MASSUH, Héctor; NAVILLI, Norma; BAREA, Germán Augusto y O'NEILL, Arturo Jorge. (coords.) *Hacia las tecnologías apropiadas en viviendas de interés social en Latinoamérica*. Córdoba, Argentina, CYTED, Proyecto XIV. 8 Casapartes. *Tecnologías de cimientos, paredes, entresijos, techos e instalaciones*, CYTED. 2009.
- MATOS MAR, J. *Desborde popular y crisis del Estado. Veinte años después*, Fondo editorial del Congreso del Perú, Lima, 2004
- OCDE, "La Technologie et l'Economie. Les relations déterminantes". OCDE, París. 1992.
- ORTEGA Alvaro., 1989. *Prearquitectura del bienestar*, Tomo 3 de la Colección Somosur. Edit. ESCALA, Bogotá (Colombia).
- ORTEGA y GASSET J., 1952. *Meditación de la técnica*. Charla en Buenos Aires, 1952. Madrid: Edit. Alianza, Revista de Occidente, 2000.
- PAVITT K., "The international distribution and determinants of technological activities", Oxford Review of Economic Policy, Vol. 4, Nº 4, Oxford. 1988.
- PROUVÉ P.: 'Une architecture par l'industrie', Artemis, Zurich, 1971 y Jean Prouvé: *L'idée constructive*, Dominique Clayssen, Dunod, Paris 1983.
- RAMÍREZ, Ronaldo. *Evaluación social de políticas y programas de vivienda: un análisis de la contribución de la vivienda*. Boletín INVI. 17(45): 9-57, mayo 2002. ISSN: 0716-5668
- REBORD, Gustavo. *Irregularidad en la tenencia de la propiedad*. Hoy la Universidad. De cara al futuro. Reflexiones y aportes en torno a la ciudad. Revista de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2 (3): 42-44, junio 2010. ISSN: 1667-6289

- REDDY, Amulya Kumar. *Background and Concept of Appropriate Technology*. EN: Conferencia UNIDO, (1998, Nueva Delhi, India).
- ROMERO, Gustavo. *La vivienda evolutiva y el diseño*. EN: Jornadas Iberoamericanas sobre Hábitat Evolutivo y Producción Social del Hábitat: tecnologías y herramientas de apoyo, CYTED y AECI (2006, Cartagena de Indias, Colombia)
- SALAS, Julián; SALAZAR, Guadalupe y PEÑA, Magda. *Una propuesta esquemática para el análisis de la autoconstrucción en Latinoamérica como fenómeno masivo y plural*. Informes de la construcción, CSIC. 40(398): 155-168, 1988. ISSN: 0020-0883
- SALAS J., Pérez A. S. et al, 255 páginas, *Industria y Arquitectura*, Editorial Pronaos, Madrid, 1991.
- SALAS J. (COORD.). *'Iberoamérica ante HABITAT II'*. Actas de las jornadas celebradas en la Casa de América, CYTED, Ministerio de Fomento, Madrid, 1996
- SALAS J. *Producción flexible versus producción masiva: arquitectura para grandes necesidades*, Rev. a + t, N°10, páginas 22 a 33. Vitoria 1997
- SALAS J., *"La transferencia de tecnología Española en América Latina, en el sector de la construcción"*. Actas de la I Bienal Iberoamericana de Arquitectura e Ingeniería. Alcalá de Henares, Madrid, 1999.
- SALAS J., 2000b, *"Transferencia de tecnología en el sector vivienda"*, *Vivienda Popular*, n° 6, Montevideo,.
- SALAS, J. *La industrialización posible de la vivienda latinoamericana*. Bogotá, Colombia. Editorial Escala, Bogotá. 2000. 275 p. ISBN 958-9082-96-3
- SALAS, J. y OTEIZA, I., *La industria de materiales básicos de construcción, ante las ingentes necesidades actuales de edificación*. *Materiales de Construcción*, vol. 58, oct.-dic. 2008, p. 129 – 148, 2008.
- SALAS, Julián et al. *'La toma de tierras urbanas en Latinoamérica: problema o solución'*. Madrid, España, Ministerio de Vivienda. 2010, 247 pp., ISBN 978-84-96387-48-5
- VÁZQUEZ DE CASTRO, J.A.. *Sistema integral Tabibloc*, serie 20 de industrialización de la construcción: prefabricación ligera, Imprenta Safer, Madrid, 1981

CAPÍTULO 6

- ARGAN G. CARLO: *'Proyecto y Destino'*, trabajo *'Módulo medida, módulo objeto'*, Univ. Central de Caracas, Venezuela, 1969.
- BERRETA H., *'Charla de presentación del CEVE – AVE'*, en el IETCC. Madrid, 1993. / Folletos CEVE: 27 páginas. CEVE, Córdoba, Argentina, 1997.
- BOCALANDRO M., *'Ponencia sobre Sistema Sandino'*, I.E.T.C.C., Madrid, 2007.
- CASTILLO FERNANDO, 2000, *El Conjunto Andalucía en Santiago de Chile*, 2000
- DIESTE ELADIO: *'La estructura cerámica'*, colección SOMOSUR, n°1. Edit. Escala, Bogotá, Colombia, 1987.
- 'DIESTE ELADIO'*, Varios autores: Edit. Junta de Andalucía. Sevilla - Montevideo 1992.
- FISSETTE JACQUES, 2005, *'Formación en el Norte de técnicos del Sur: Elogio del dualismo en planificación urbana'*, Instituto de Urbanismo. Universidad de Montreal
- GARGANTINI, Daniela. (2013) *'Índice de gestión socio-habitacional. Pautas operativas para monitorear la gestión socio-habitacional en municipios'*. Colección Thesys 7. EDUCC. Córdoba, Argentina.

- GONZÁLEZ LOBO C., 1998 '*Vivienda y Ciudad Posible*', Edit. ESCALA, 232 páginas, Bogotá, Colombia
- LORENZO GÁLLIGO, Pedro (coord.) '*Un techo para vivir. Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*'. Barcelona, España, Ediciones UPC, CYTED, subprograma XIV, proyecto XIV.3 y XIV.5. 2005.
- HARDOY J., 1996, '*Repensando las Ciudades del Tercer Mundo*', Edit. ILPES, Buenos Aires 1996.
- LORENZO PEDRO, Coordinador, '*Un techo para vivir*', Edit. ESCALA, 230 PÁGS. Bogotá, Colombia.
- LUCAS P., SALAS J., y BARRIONUEVO R., "*Cuarenta años del PREVI-LIMA: Algunas enseñanzas para la industrialización de la vivienda de bajo coste en Latinoamérica*", *Informes de la Construcción*, vol. 64, nº 525, 2012, CSIC, Madrid.
- MORELLO J., '*Perfil Ecológico de Sudamérica*'. Instituto de Cooperación Iberoamericana; Madrid 1984.
- OKPALA, D. C. I. 1987, "*Received Concepts and Theories in African Urbanisation, Studies and Urban Management Strategies*", *Urban Studies* 24, 137-150
- ORTEGA ALVARO, '*Prearquitectura del Bienestar*'. Colección SomoSur, Edit. ESCALA, Bogotá, 1989
- OTIP – PEÑA, Catálogos diversos de la empresa OTIP, S.A. de Caracas, Venezuela.
- PEÑA J.A., MejorHab, compilador, '*Actas del I Seminario Internacional sobre Mejoramiento de Asentamientos Urbanos Precarios*', 365 pág., CYTED, Caracas, Venezuela, 1997.
- PIPA, Dante y FERRERO Aurelio. (2013) '*Manual del sistema UMA*'. Editorial Tabaquillo, Villa Mercedes, Argentina.
- PIPA D., - GRET: '*Producir placas para construir más rápido*', del CEVE-Córdoba. Fortaleza, Brasil, 1995.
- QADEER, M. (1989) "*External Precepts and Internal Views: the Dialectic of Reciprocal, Learning in Third World Urban Planning*" in : B. Sanyal, *Breaking the Boundaries*, Plenum Press, New York.
- RODRIGUEZ A., 2007, '*El Problema de los con vivienda*', Edit. SUR, Santiago de Chile, 2007.
- SALAS J., A. FERRERO Y P. LUCAS, "*Utilización de componentes neutros de construcción en América Latina*". *Revista INVI*, vol. 27, nº 76 (2012), pp 147 – 175.
- SALAS J., '*La industrialización posible de la vivienda latinoamericana*'. Bogotá, Colombia. Editorial Escala, Bogotá. 2000.
- SEERS DUDLEY, 1967 "*The Limitations of the Special Case*", 1967, en Cairncross y Puri, editores, *Distribution and Development Strategy*.
- SEERS DUDLEY, 1975, "*The Political Economy of National Accounting*", 1975.
- SEERS DUDLEY, 1979, "*The Birth, Life and Death of Development Economics*", 1979, en *Development and Change*.
- TABIBLOC, Documento de Idoneidad Técnica del sistema Tabibloc, IE Torroja de España y catálogo Tabibloc serie 20 (prefabricación ligera), Madrid 1998
- TUDELA, FERNANDO, '*Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina y El Caribe*', MOPU, AECl y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Madrid 1990.